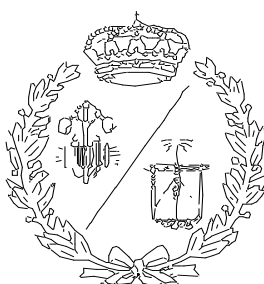


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Grado

**Diseño de troquel para la fabricación de un
ventilador de refrigeración para un alternador
(Design of a die for the manufacturing of a
cooling fan for a generator)**

Para acceder al Título de

GRADUADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

Autor: Carlos Alberto Calderón Amo

Septiembre – 2019

ÍNDICE

MEMORIA

1. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN:	6
1.1. ALCANCE DEL PROYECTO	6
2. ESTUDIO DE LA PIEZA A FABRICAR:	7
2.1. APLICACIÓN DE LA PIEZA A FABRICAR:	7
2.2. DISEÑO DE LA PIEZA A FABRICAR	9
2.3. FABRICACIÓN DE LA PIEZA	12
3. MÉTODO DE FABRICACIÓN POR ESTAMPACIÓN:	13
3.1. PRENSA BALANCÍN	13
3.2. PRENSA HIDRAÚLICA	14
3.3. PRENSA EXCÉNTRICA	15
3.4. MATRICERÍA	16
4. DISEÑO DE BANDA:	17
4.1. ANIDAMIENTO:	17
5. SECUENCIA DE CORTE:	19
6. CÁLCULO DE ESFUERZOS:	21
6.1. FUERZA DE CORTE EN CADA ETAPA:	21
6.2. FUERZA DE EXTRACCIÓN:	25
7. DISEÑO DEL TROQUEL:	26
7.1. ELEMENTOS DE CORTE:	27
7.1.1 PUNZONES:	28
7.1.2 MATRICES:	32
7.2. CONJUNTO PORTAMATRICES:	34
7.2.1 BASE INFERIOR:	34
7.2.2 PLACA GUÍA PUNZONES Y PLACA PISADORA:	36
7.2.3 BASE SUPERIOR:	38
7.3. SUFRIDERAS:	40
7.4. PLACA PORTAMATRICES:	42
7.5. PLACA PORTAPUNZONES:	44
7.6. GUÍAS DE BANDA:	47
7.7. ELEMENTOS DE GUIADO:	49

7.8.	RESORTES:.....	50
8.	MANTENIMIENTO EN TROQUELES:.....	52
8.1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO:	53
8.1	MANTENIMIENTO DE CHOQUE:	54
9.	DEFECTOS EN PROCESOS DE CORTE:	54
9.1	TOLERANCIAS INADECUADAS:	55
9.2	REBABAS:.....	57
9.3	MARCAS POR RETALES:.....	58

PLIEGO DE CONDICIONES

1.	OBJETO:	62
2.	DESCRIPCIÓN:	62
3	RESPONSABILIDADES:	62
3.1	PARTE DEMANDANTE:	62
3.2	PARTE EJECUTORA:.....	63
4	CONDICIONES ECONÓMICAS:.....	63
4.1	DESGLOSE DE PRECIOS:	63
4.2	REVISIÓN DE LA OFERTA:	64
4.3	MODO DE PAGO:	64
5	CONDICIONES TÉCNICAS:	64
6	CONDICIONES GENERALES:.....	65

PRESUPUESTO	67
--------------------------	-----------

MEMORIA

1. Objetivo y justificación:

El objetivo de este proyecto comprender las distintas etapas que componen el diseño de un troquel, desde la concepción de la pieza que se va a fabricar, hasta la definición de las distintas características del troquel con el que se fabricará dicha pieza.

Durante el desarrollo del proyecto se definirán no solo las características mecánicas de la pieza y del troquel, sino también las geométricas, quedando reflejadas así en los planos de los componentes del troquel y la pieza a fabricar. Para el diseño se empleará un software CAD en tres dimensiones, *Autodesk Inventor*.

A medida que vayamos avanzando en el proyecto se nos presentarán alternativas con relación al diseño y cálculo del troquel, en base a dichas alternativas, justificaremos cada una de las elecciones que tomemos, haciendo balance de las ventajas y desventajas que se derivan de cada una de las elecciones que tomemos.

1.1. Alcance del proyecto

En el presente trabajo se abordarán los aspectos más importantes que componen el diseño y la fabricación de una pieza mediante el método de estampación. Para ello partiremos del estudio de la pieza que queremos fabricar, para después abordar el diseño del troquel que conformará una de las etapas de la fabricación de dicha pieza.

Durante el desarrollo del trabajo haremos un recorrido por las distintas etapas que componen el diseño del troquel, haciendo en cada una de ellas balance y justificación de las opciones que escojamos y que determinarán por lo tanto las características del troquel.

2. Estudio de la pieza a fabricar:

2.1. Aplicación de la pieza a fabricar:

Para nuestro trabajo vamos a fabricar un ventilador para un alternador, la finalidad de dicho ventilador será la de asegurar la correcta refrigeración del alternador durante su vida útil. Este hecho adquiere aún más importancia hoy en día, donde los antiguos alternadores de un solo flujo han sido reemplazados casi en su totalidad por los alternadores de doble flujo. Véanse figuras 1 y 2.

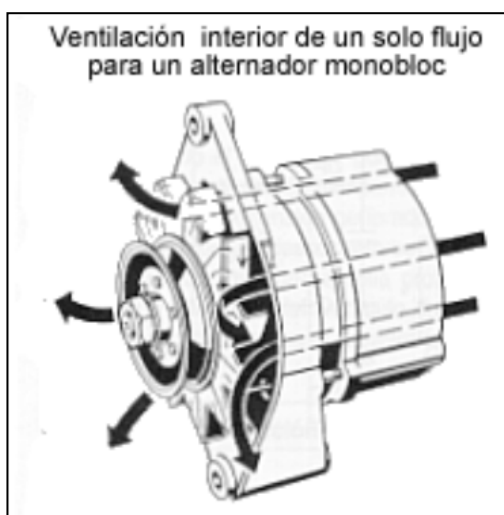


Figura 1. Alternador de un solo flujo de aire.
Www.aficionadosalamecanica.net/alternador-funcionam.htm

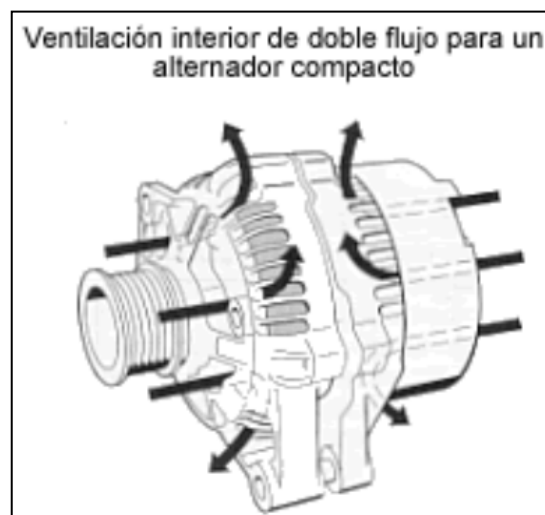


Figura 2. Alternador de doble flujo de aire.
.Www.aficionadosalamecanica.net/alternador-funcionam.htm

La tendencia en el mundo del automóvil del denominado “downsizing” hizo que los fabricantes de automóviles demandasen cada vez productos más pequeños, más ligeros, y con mejores prestaciones. Este factor como no podría ser de otra manera tuvo un impacto en el diseño de los nuevos alternadores y marco la tendencia del mercado, quedando reflejado así en unos nuevos diseños caracterizados por ser más compactos.

Con estos nuevos diseños la refrigeración toma un papel de vital importancia, puesto que un diseño más compacto implica un mayor calentamiento de los componentes que conforman el alternador y esto en cuanto a su funcionalidad implica grandes desventajas tales como la

pérdida de potencia y de rendimiento, las cuales serán más altas cuanto peor sea la refrigeración.

La solución paso por introducir un ventilador adicional, de esta manera el alternador tenía dos ventiladores, uno situado en el lado de la polea, y otro situado en el lado del anillo colector. Ambos ventiladores se encuentran dentro de las tapas de aluminio y cada uno de ellos sobre una de las masas polares que constituyen el rotor del alternador. Al encontrarse situados dentro de las tapas de aluminio, es necesario que las tapas cuenten con varios orificios a lo largo del diámetro exterior de manera que faciliten la salida del aire caliente al exterior. Este nuevo diseño permitió incrementar el flujo de aire en el interior, y con ello obtener unos niveles de refrigeración superiores a los que había previamente. De esta manera, en los rangos altos de revoluciones a los que puede trabajar el alternador, los cuales suponen un incremento de la temperatura, la eficiencia se ve menos mermada como consecuencia de la temperatura. Este nuevo tipo de diseño supuso un salto cualitativo a niveles de rendimiento para los alternadores, de manera que hoy en día la mayor parte de los alternadores son de doble flujo de aire, excepto aquellos que se empleen en aplicaciones que requieran cierta hermeticidad o que estén sometidas a grandes solicitaciones por parte del terreno.

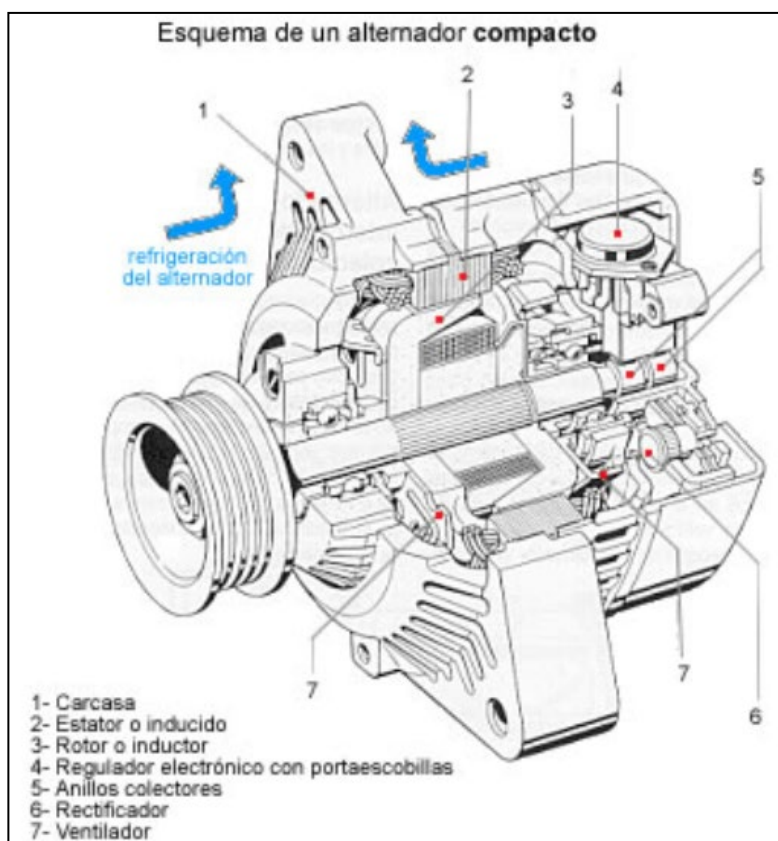


Figura 3. Alternador compacto y sus componentes.

2.2. Diseño de la pieza a fabricar

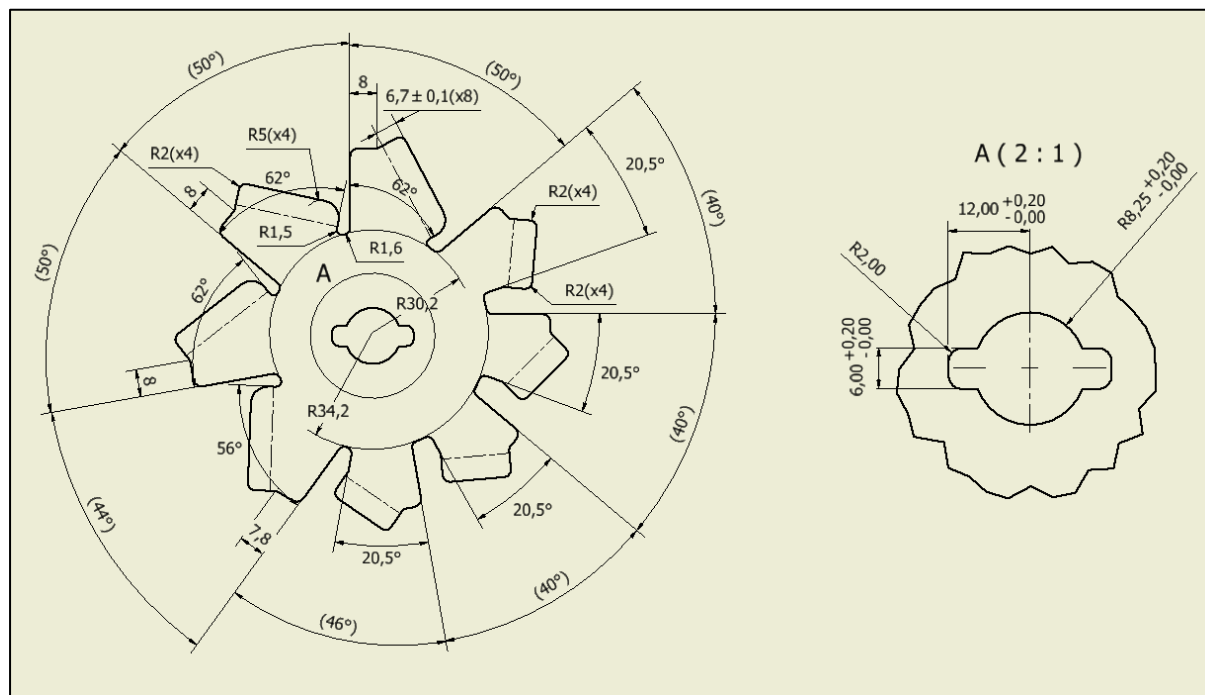


Figura 4. Ventilador de diseño asimétrico.

Como vemos en la figura 4, las distintas aletas del ventilador ofrecen una disposición asimétrica, lo que permite disminuir el ruido de este durante la rotación, ya que las frecuencias de vibración de las aletas son distintas dependiendo del tamaño y geometría de estas. Con esto conseguimos una reducción del ruido mecánico durante la rotación del ventilador, puesto que el ruido en los distintos rangos de revoluciones será menor del que obtendríamos con un ventilador de diseño simétrico.

Además, el ventilador dispone de un alojamiento central a través del cual pasará el rotor del alternador, y unas aperturas en dicho alojamiento que permitirán ensamblar el anillo colector del alternador.

Los ventiladores, son componentes del alternador que no están sometidos a grandes esfuerzos durante su vida útil, pero deben garantizar que en el máximo rango de revoluciones de funcionamiento del alternador no se produzcan grietas, especialmente en las zonas de doblado de las aletas. Esto se consigue generalmente con una altura correcta de las aletas,

y en muchos casos, añadiendo nervados al ventilador durante la fase de estampado de cara a incrementar la rigidez de los mismos.

Para la fabricación del ventilador hemos escogido un acero laminado con un contenido de 0,2% en carbono y una resistencia a la cizalladura de 32Kp/mm^2 como el que vemos en la tabla de abajo.

Materiales	Resistencia a la rotura en Kp/mm^2	Resistencia al corte en Kp/mm^2	Peso específico en Kg/dm^3
	Recocido	Recocido	
Acero laminado con 0,1% de C	31	25	7,8 - 7,9
Acero laminado con 0,2% de C	40	32	
Acero laminado con 0,3% de C	44	35	
Acero laminado con 0,4% de C	56	45	
Acero laminado con 0,6% de C	70	56	
Acero laminado con 0,8% de C	90	72	
Acero laminado con 1% de C	100	80	
Acero laminado inoxidable	65	52	
Acero laminado al silicio	56	45	

Figura 5. Características de los aceros laminados.

Para conocer de manera estimada cual es el esfuerzo al que está sometido el ventilador, y por lo tanto si la resistencia del material escogido es suficiente, realizaremos una simulación lineal estática.

De forma general la relación de transmisión entre el motor de combustión interna y el alternador es de $1/3$, es decir que, si el rango máximo de revoluciones para el motor de combustión interna es de 6000 rpm, en el alternador eso se traduce a 18000 rpm. Por lo tanto, la resistencia del material del ventilador deberá garantizar la integridad de la pieza en esas condiciones.

El ventilador se une a la masa polar mediante 10 puntos de soldadura que actuarán como un soporte fijo que impedirá el movimiento del ventilador, por lo tanto, es de esperar que gran parte de la tensión se concentre en los puntos de soldadura, así mismo, el ventilador descansa sobre la masa polar de manera que esta impide el desplazamiento axial de este.

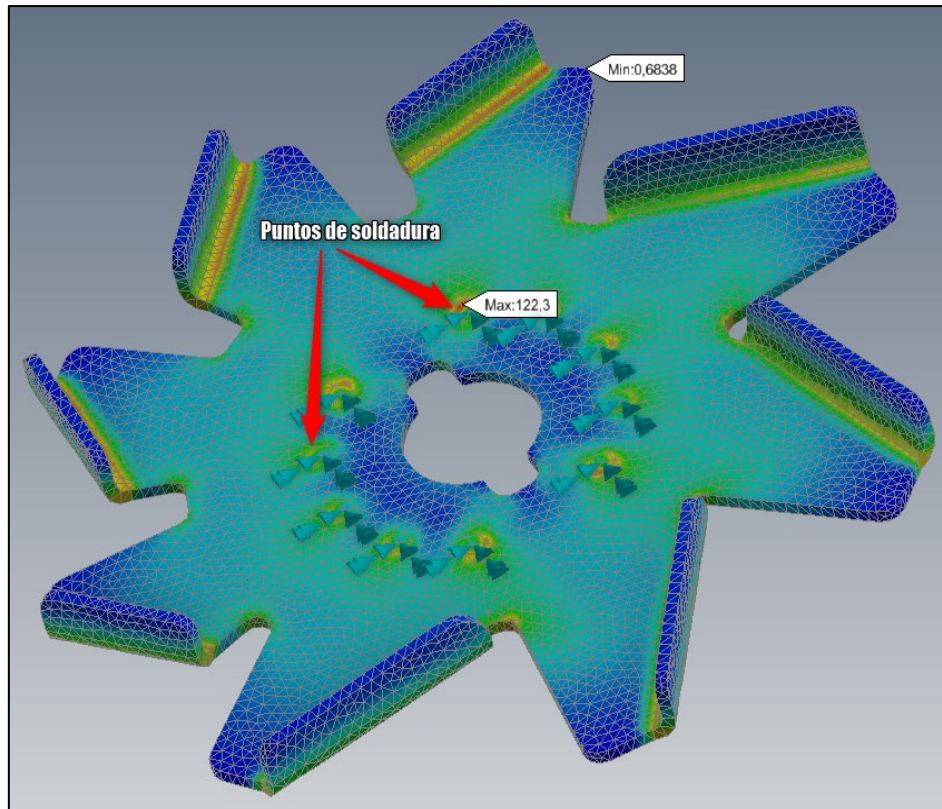


Figura 6. Simulación del ventilador realizada mediante la extensión NASTRAN in CAD del software comercial Autodesk Inventor.

Una vez realizada la simulación del ventilador se puede observar que los puntos de mayor concentración de tensiones son las áreas contiguas a los puntos de soldadura, y las zonas de doblados de las aletas.

La máxima tensión equivalente según Von Mises es de 122,3 Mpa, por lo tanto, podemos decir que el material escogido para la fabricación del ventilador es suficiente para garantizar la integridad estructural de este en el máximo rango de revoluciones. Para terminar de realizar la simulación habría que estudiar el comportamiento dinámico de la pieza cuando esta se somete a grandes aceleraciones y deceleraciones, pero puesto que contamos con un amplio margen de seguridad daremos el diseño de la pieza por válido.

2.3. Fabricación de la pieza

Cada año se fabrican más de ochenta millones de vehículos de motor de combustión interna en todo el mundo, lo que supone que la capacidad exigida a los proveedores de las principales marcas de automoción sea muy alta, y además, esta vaya en aumento. Por ello el método de fabricación que se escoja para los distintos componentes del vehículo, así como los subcomponentes, como es el alternador, es crucial de cara a asegurar un suministro constante de piezas.

Como es sabido, para la fabricación de grandes volúmenes de piezas, la matricería se ofrece como una de las mejores alternativas dada la alta capacidad del método no solo en cuanto a volúmenes de piezas, sino también en cuanto a la homogeneidad de las piezas fabricadas.

Para la fabricación de nuestro ventilador vamos a escoger, por lo tanto, el método de la matricería, dividiéndolo este en dos etapas:

1. Troquelado de la pieza. (Figura 7)
2. Doblado de la pieza. (Figura 8)

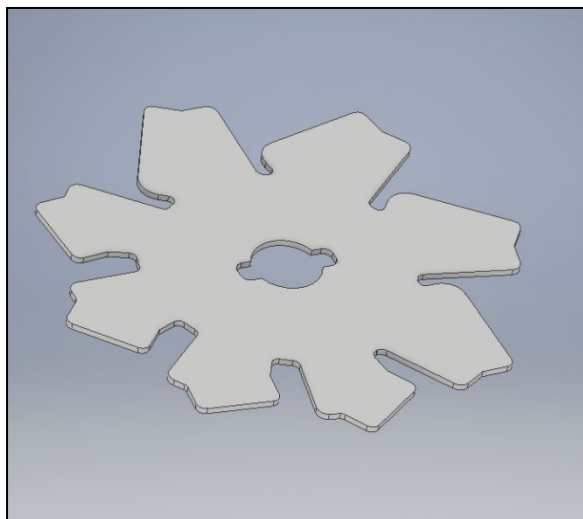


Figura 7. Ventilador tras el proceso de troquelado.

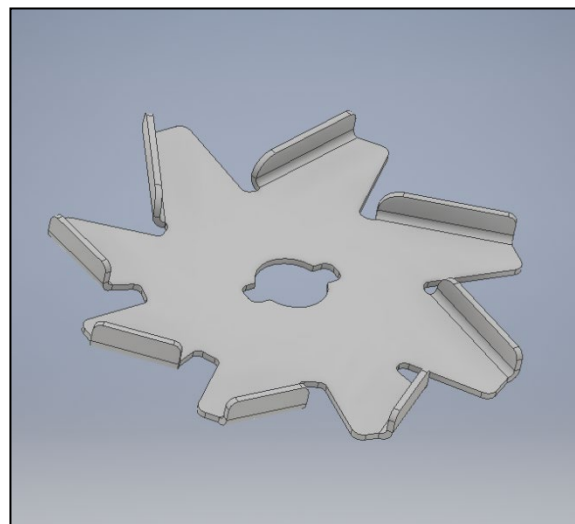


Figura 8. Ventilador tras el proceso de doblado.

Durante el presente proyecto abordaremos el diseño del troquel que cumplimente con la primera de las etapas mencionadas.

3. Método de fabricación por estampación:

Las prensas son un elemento esencial en la industria de hoy en día, estas pueden ser empleadas en una amplia variedad de materiales, ya sea en frío o en caliente, en cualquier operación que requiera una fuerte presión. Para entender el origen de este tipo de máquina, así como las aplicaciones de hoy en día, es necesario nombrar a un objeto tan cotidiano como la moneda.

3.1. Prensa Balancín

Hasta la edad moderna el acuñado de monedas se realizaba de forma manual, empleando un martillo con el cual se golpeaba un cuño o matriz de doble cara. La utilización de pequeñas prensas de tipo balancín se inicia hacia el siglo XIV. Artistas italianos de gran renombre pertenecientes al movimiento cultural del Renacimiento como Bramante o Cellini, realizaron medallas de los distintos papas mediante este sistema. Sin embargo, la puesta en práctica definitiva de la prensa de balancín se atribuye al grabador francés Nicolás Briot y su uso se generaliza en toda Europa a partir de 1645. Estas primeras máquinas eran de bronce y en alguna ocasión, pero en menor medida, de hierro. Estaban constituidas por un husillo accionado por un brazo horizontal acabado en dos grandes bolas de las cuales pendían correas para ser tiradas por varios hombres, dichas bolas favorecían la inercia una vez iniciada la rotación. Los cuños o troqueles del anverso y del reverso se ajustaban al husillo y la parte inferior de la caja, colocando entre ellos el cospel, que quedaba impreso por medio de sucesivos golpes.

Este tipo de prensas mantiene su vigencia hasta bien entrado el siglo XX. Sirva de muestra la prensa-cortador de doble brazo que aparece en el catálogo de Alfred Schütte de 1913, tan parecida a la de Briot, a pesar de los casi trescientos años que las separan. Figuras 9 y 10.

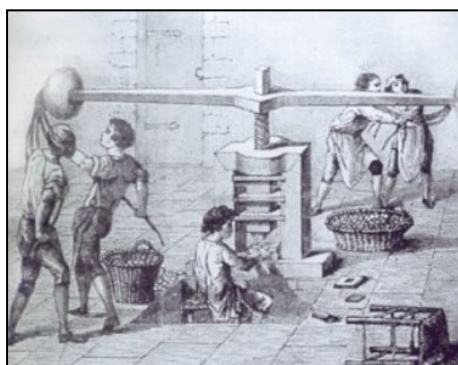


Figura 9. Prensa de balancín de Nicolas Briot (1626). *Máquinas y Hombres Patxi Aldabaldetrecu.*

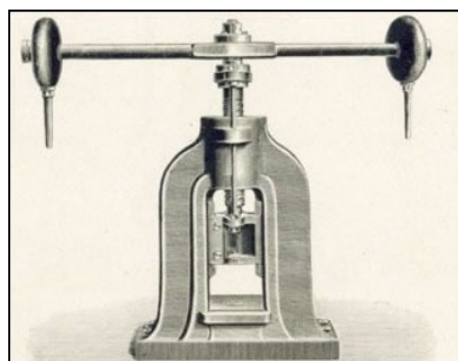


Figura 10. Prensa-cortador para acuñar. *Catálogo General de Máquinas-Herramientas 1913 Alfred H. Schütte.*

3.2 Prensa hidráulica

Más adelante, hacia 1770 el ingeniero industrial inglés Joseph Bramah desarrollaría la prensa hidráulica. Esta prensa basa su funcionamiento en el principio de la hidrostática enunciado por Blaise Pascal, el cual dicta que el incremento de la presión aplicada a una superficie de un fluido incompresible, contenido en un recipiente indeformable, se transmite con el mismo valor a cada una de las partes de este. Este tipo de prensa consiste en dos cilindros de diferente sección comunicados entre sí, y cuyo interior está completamente lleno de un líquido incompresible (Figura 11). Dos émbolos de secciones diferentes se ajustan, respectivamente, en cada uno de los dos cilindros, de modo que estén en contacto con el líquido. La presión transmitida a ambos émbolos es la misma, sin embargo, al ser la sección de los émbolos distinta, la aplicación de una determinada fuerza en el émbolo de menor sección dará lugar a una mayor fuerza en el émbolo de mayor sección. Esta primera prensa hidráulica conseguía presiones relativamente pequeñas y no era aplicable a la manufactura de productos metálicos. Fueron los hermanos Perier quienes desarrollaron la máquina de Bramah permitiendo alcanzar presiones más altas haciéndola apta para trabajos más duros, como el acuñado de monedas o la deformación de plomo. Sin embargo, la aplicación de la prensa hidráulica para el trabajo del hierro no se produce hasta mediados del siglo XIX, especialmente tras la aparición del modelo desarrollado por el austriaco Haswell, de mucho mayor tamaño y capacidad de presión. A partir de entonces la prensa hidráulica, gracias a la altísima fuerza resultante conseguida, se generaliza para operaciones de elevadas sollicitaciones, como el embutido profundo.

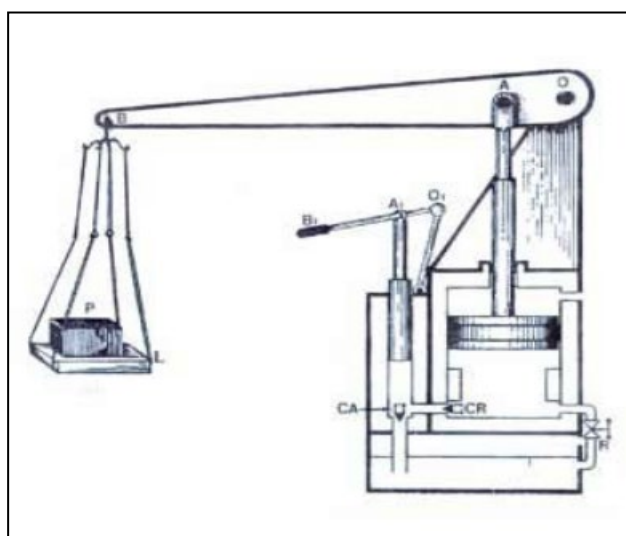


Figura 11. Esquema de la primera prensa hidráulica de Bramah (1770) Máquinas y Hombres Patxi Aldabaldetrecu.

3.3. Prensa excéntrica

A lo largo del siglo XIX, el punzonado de clavos a partir de fleje se realizaba mediante prensas de balancín, siendo este proceso poco eficiente para la fabricación de productos a partir de chapa en grandes series. Fue la empresa americana Bliss&Williams la que empezó a comercializar hacia 1870 las primeras prensas mecánicas de excéntrica (Figura 12), con las cuales se alcanzaban rendimientos mucho mayores. Estaban diseñadas para trabajar a 100 rpm. Este tipo de prensas, en sus distintas variantes, frontales, de cuello de cisne, de arcada, se generalizó con enorme rapidez, mejorándose progresivamente su capacidad y rendimiento y haciéndose imprescindibles para trabajos de estampación, forja y pequeñas embuticiones.

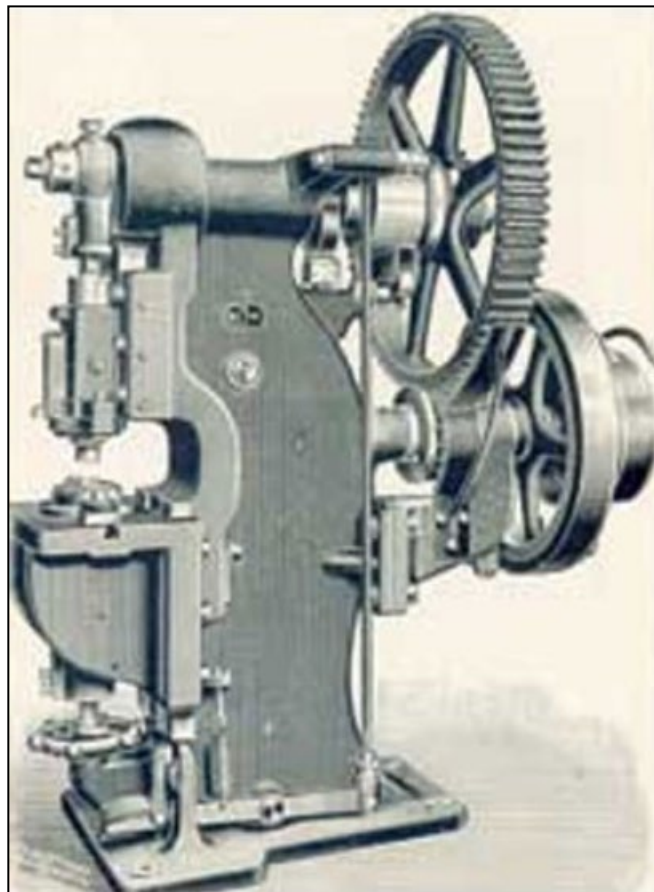


Figura 12. Prensa excéntrica para embutir por estirado. Catálogo General de Máquinas-Herramientas 1913 Alfred H. Schütte

3.4. Matricería

Se entiende la matricería, como la rama de la mecánica que se ocupa de estudiar y desarrollar la fabricación de utillajes para la obtención de piezas en serie, generalmente de chapa metálica, sin arranque de viruta.

Se conocen por lo tanto como procesos de matricería, aquellos que implican el corte o conformado de la chapa sin arranque de viruta. Dichos procesos se llevan cabo mediante un utillaje llamado matriz.

Los elementos principales que conforman una matriz son la prensa, y el troquel. La matriz es el utillaje mecánico no autónomo capaz de cortar y conformar una chapa según una geometría, esta geometría está definida por el troquel, es decir, de forma simplificada podríamos decir que la prensa aplica la fuerza, y el troquel la forma. En el taller, también se utilizan los términos troquel o estampa para referirse a este tipo de útiles. Los utillajes empleados en matricería pesada reciben el nombre genérico de troqueles. Nosotros nos referimos de ahora en adelante a ellos como troqueles.

Después de colocar manual o automáticamente una chapa sobre el troquel, la prensa le imprime un movimiento vertical alternativo o de vaivén, durante el cual el utillaje del troquel corta y deforma la chapa según su propia geometría. Una vez la chapa ha sido cortada o conformada, es evacuada a un contenedor. Cuanto mayor sea el número de repeticiones en un intervalo de tiempo determinado, mayor será la cadencia de la matriz.

Generalmente un troquel se compone de dos partes principales. Una fija, que se sujeta a la mesa de la prensa, y otra móvil, solidaria con el cabezal de la máquina.

Los troqueles utilizados en los procesos de corte se conocen como “cortantes” y al igual que las matrices, se montan sobre grandes prensas hidráulicas o de accionamiento combinado. El modo de trabajo de estas prensas es similar al de las máquinas que operan sobre las matrices de menor tamaño.

La evolución que ha sufrido el sector de la matricería ha permitido que hoy en día exista una gran variedad de matrices en cuanto tamaños y fuerzas, habiendo modelos desde 1 a 9 metros de superficie y llegando a alcanzar fuerzas de más de 4.500 toneladas.

4. Diseño de banda:

Cuando se conoce la pieza a fabricar, así como las propiedades geométricas de esta, el primer paso a la hora de realizar el diseño del troquel es completar el diseño de banda.

Factores tan importantes como el rendimiento, distribuciones de fuerzas, y número de pasos se verán condicionados por el diseño de banda escogido.

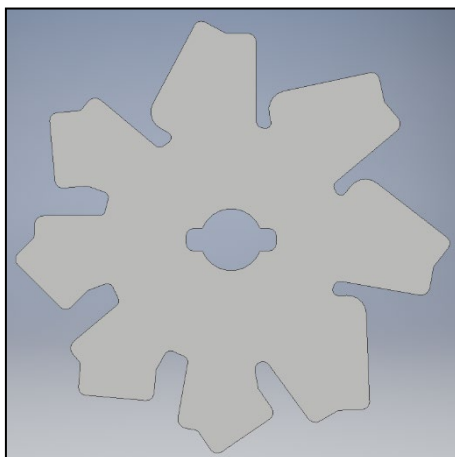


Figura 13. *Desarrollo plano del ventilador.*

Lo normal es partir del desarrollo plano de la pieza, para realizar un estudio de la geometría de esta. Aspectos como la simetría, relaciones de aspecto o las solitudes mecánicas a las que será expuesta la pieza son determinantes a la hora de escoger cual será el anidamiento de la pieza en la banda. En este caso vemos que se trata de una pieza asimétrica, la cual rotará a grandes velocidades, por lo tanto, los principales esfuerzos serán consecuencia principalmente de las fuerzas de inercia en dirección radial que experimentará durante las aceleraciones y deceleraciones.

4.1. Anidamiento:

Conocido el desarrollo plano de la pieza, el siguiente paso es determinar la posición de esta en la banda, o anidamiento.

Los troqueles están diseñados para grandes producciones, por lo tanto, un anidamiento óptimo de la pieza dará lugar a un mayor ahorro respecto al material que se desecha y asegura una amortización más rápida del troquel en cuestión.

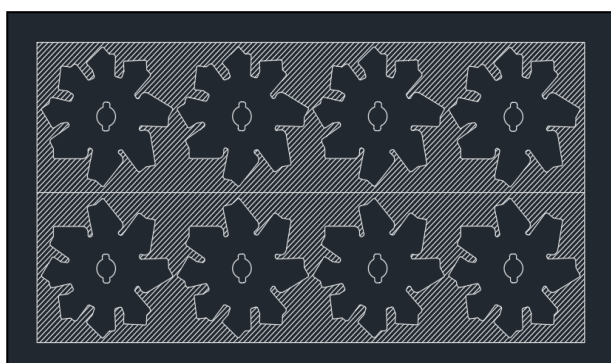
Otro aspecto a tener en cuenta es el ancho de banda, para determinar el ancho de banda es necesario garantizar la rigidez de la chapa cuando esta vaya a ser trabajada, para ello se aplican unos márgenes de seguridad. Se recomienda que este margen sea al menos 1.5 veces el espesor de la chapa (Oehler-Kaiser 1977).

Además de tener en cuenta el ahorro de material, es necesario favorecer desde un punto de vista mecánico la fabricación de la pieza y por ello uno de los puntos más importantes del diseño de banda especialmente en elementos que se someten a doblados, es la distribución de grano de la banda. De forma habitual se recomienda que la dirección del grano no sea paralela a la dirección de doblado para evitar grietas en la chapa, por lo tanto, es aconsejable que el ángulo entre la dirección del grano y el doblado sea mayor de 45°.

En el caso del ventilador, al tratarse de una pieza totalmente asimétrica conseguir un anidamiento óptimo como el que se puede lograr con piezas simétricas o de revolución será complicado. Desde el punto de vista del aprovechamiento de la chapa, su geometría hace difícil encontrar una distribución que permita concatenar dos o varias piezas de manera que se logre un ahorro de material, y desde el punto de vista de la distribución del grano no es un factor importante ya que los doblados en este caso se realizan en varias direcciones.

En nuestro caso, vamos a estudiar las opciones de distribución normal simétrica múltiple (Figura14), y distribución individual múltiple (Figura15). Para el cálculo del aprovechamiento de la chapa, consideramos 100m de longitud de banda.

- Distribución normal simétrica múltiple:



Paso: 130mm

Superficie de la pieza: 7435'16mm²

Ancho de banda: 250mm

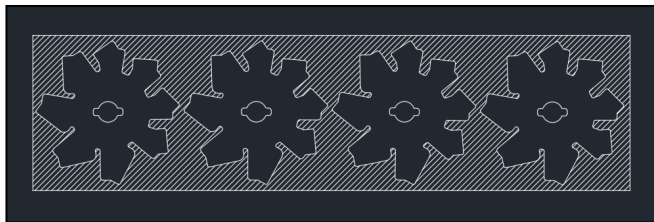
N.º Filas: 2

Figura 14. Distribución normal simétrica múltiple.

$$n^{\circ}Piezas = 2_{Filas} \cdot \frac{Longitud_{Banda}}{Paso} = 2 \cdot \frac{100000_{mm}}{130mm} = 1.538_{Piezas}$$

$$Rendimiento = \frac{S_{Total\ Piezas}}{S_{Banda}} \cdot 100 = \frac{7435'16 \cdot 1538}{250 \cdot 100000} \cdot 100 = 45'74\%$$

- Distribución individual múltiple:



Paso: 130mm

Superficie de la pieza: 7435'16mm²

Ancho de banda: 140mm

Figura 15. Distribución individual múltiple.

$$n^{\circ}Piezas = 1_{Fila} \cdot \frac{Longitud_{Banda}}{Paso} = \frac{100000_{mm}}{130mm} = 769_{Piezas}$$

$$Rendimiento = \frac{S_{Total\ Piezas}}{S_{Banda}} \cdot 100 = \frac{7435'16 \cdot 769}{140 \cdot 100000} \cdot 100 = 40'84\%$$

Como vemos, en ambos casos el rendimiento está por debajo del 50%, sin embargo, debemos tener en cuenta que, con piezas de perfiles regulares simples, se alcanzan rendimientos óptimos del orden del 75%-80%, y dada la irregularidad del perfil de nuestra pieza, alcanzar valores superiores al 50% es complicado, como ya se ha explicado previamente.

Tras estudiar ambas opciones, finalmente se opta por la distribución individual múltiple por dos razones:

- La distribución individual, permite disminuir las dimensiones del troquel.
- Tras estudiar ambas opciones, y teniendo en cuenta la secuencia de corte que veremos a continuación, la segunda opción facilita la ubicación de los elementos de corte.

5. Secuencia de corte:

Una vez determinado el anidamiento de la pieza es necesario definir la secuencia de operaciones que conformarán la geometría final de nuestra pieza.

Para definir una secuencia de trabajo óptima la principal consideración que hay que tener en cuenta es la de garantizar la máxima rigidez del fleje durante las etapas de trabajo. Por ello se recomienda lo siguiente:

- Llevar a cabo los procesos de punzonado durante las primeras etapas.
- Los procesos que impliquen deformaciones plásticas, tales como embuticiones y abocardados, llevarlos a cabo en las etapas iniciales ya que desde el punto de vista de los esfuerzos suponen sollicitaciones mecánicas bajas.
- En las etapas finales es recomendable llevar a cabo los doblados.

Cuanto mayor sea la cantidad de material que se retira en la etapa de corte mayor será el esfuerzo empleado en dicha etapa, y esa es la razón por la que etapas de corte de grandes superficies se recomiendan en etapas intermedias, mientras que punzonados y cortes menores es recomendable llevarlos a cabo al inicio como hemos visto previamente. De esta forma la distribución de esfuerzos genera vectorialmente una forma piramidal, en la cual al inicio y al final de la secuencia encontramos los esfuerzos menores, y en las etapas intermedias los mayores esfuerzos.



Figura 16. Distribución de esfuerzos recomendada.

En el esquema, se observa como operaciones de punzonado y eliminación de retal se llevan a cabo al principio al final del proceso puesto que son las operaciones que menos esfuerzos conllevan.



Figura 17. Secuencia de corte propuesta para el conformado del ventilador.

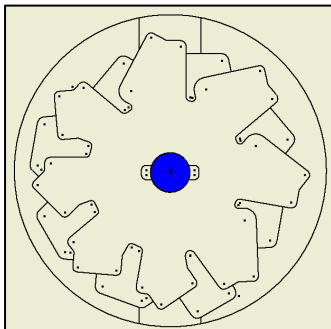
6. Cálculo de esfuerzos:

6.1. Fuerza de corte en cada etapa:

Como se ha comentado con anterioridad, la secuencia de corte desempeña un papel muy importante en el comportamiento dinámico del troquel, por ello se ha de estudiar las fuerzas que actúan en cada etapa, así como el comportamiento global como consecuencia de estas. Por ello se va a estudiar cada etapa de corte, y después el computo de todas las fuerzas. Para calcular las fuerzas de corte, se emplea la siguiente ecuación:

$$F = \sigma \cdot A$$

Dónde σ se corresponde con la resistencia a la cizalladura del material, y A con la sección de corte, es decir, el perímetro de corte multiplicado por el espesor de la chapa de trabajo.

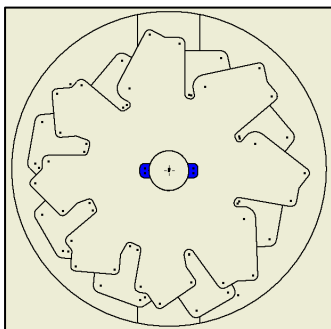


Etapa 1:

Perímetro de corte: 51'836mm

Espesor de chapa: 1'5mm

$$F_1 = 32 \text{ Kp/mm}^2 \cdot 51,836 \text{ mm} \cdot 1,5 \text{ mm} = 2488,128 \text{ Kp}$$

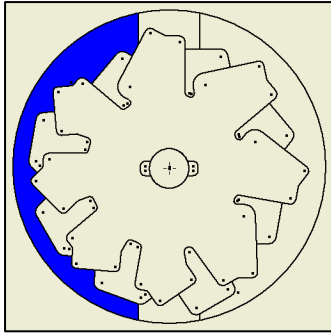


Etapa 2:

Perímetro de corte: 38'107mm

Espesor de chapa: 1'5mm

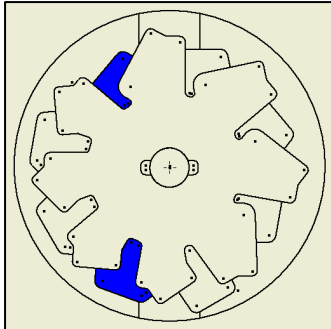
$$F_1 = 32 \text{ Kp/mm}^2 \cdot 38,107 \text{ mm} \cdot 1,5 \text{ mm} = 1829,136 \text{ Kp}$$

**Etapla 3:**

Perímetro de corte: 374'964mm

Espesor de chapa: 1'5mm

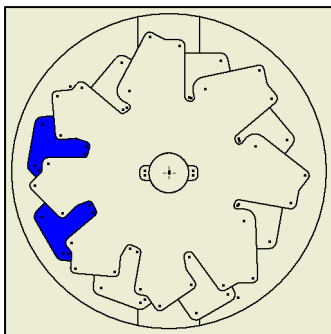
$$F_1 = 32 \text{ Kp/mm}^2 \cdot 374,964 \text{ mm} \cdot 1,5 \text{ mm} = 17998,272 \text{ Kp}$$

**Etapla 4:**

Perímetro de corte: 156'797mm

Espesor de chapa: 1'5mm

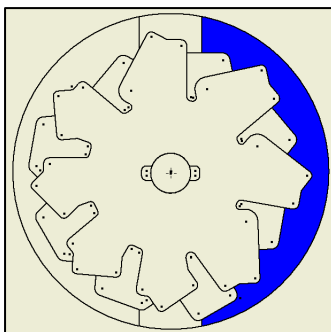
$$F_1 = 32 \text{ Kp/mm}^2 \cdot 156,797 \text{ mm} \cdot 1,5 \text{ mm} = 7526,256 \text{ Kp}$$

**Etapla 5:**

Perímetro de corte: 177'239mm

Espesor de chapa: 1'5mm

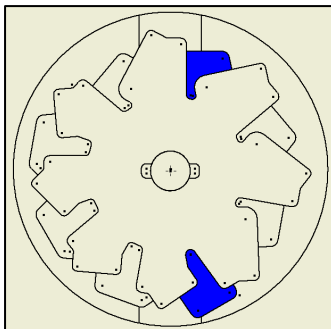
$$F_1 = 32 \text{ Kp/mm}^2 \cdot 177,239 \text{ mm} \cdot 1,5 \text{ mm} = 8507,472 \text{ Kp}$$

**Etapla 6:**

Perímetro de corte: 375'874mm

Espesor de chapa: 1'5mm

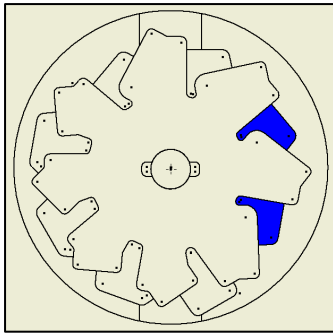
$$F_1 = 32 \text{ Kp/mm}^2 \cdot 375,874 \text{ mm} \cdot 1,5 \text{ mm} = 18041,952 \text{ Kp}$$

**Etapla 7:**

Perímetro de corte: 157'014mm

Espesor de chapa: 1'5mm

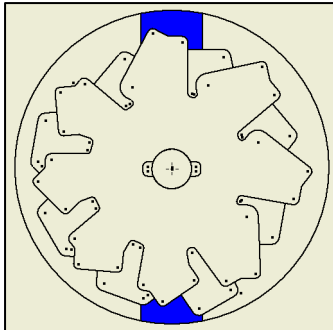
$$F_1 = 32 \text{ Kp/mm}^2 \cdot 157,014 \text{ mm} \cdot 1,5 \text{ mm} = 7536,672 \text{ Kp}$$

**Etapas 8:**

Perímetro de corte: 140'085mm

Espesor de chapa: 1'5mm

$$F_1 = 32 \text{ Kp/mm}^2 \cdot 140,085 \text{ mm} \cdot 1,5 \text{ mm} = 6724,08 \text{ Kp}$$

**Etapas 9:**

Perímetro de corte: 157'838mm

Espesor de chapa: 1'5mm

$$F_1 = 32 \text{ Kp/mm}^2 \cdot 157,838 \text{ mm} \cdot 1,5 \text{ mm} = 7576,224 \text{ Kp}$$

Conocidas las fuerzas es necesario llevar a cabo el análisis del comportamiento global de estas, es decir, como interactúan entre sí. Para un correcto funcionamiento del troquel, y para garantizar una mayor vida útil de este es necesario que los momentos resultantes de la interacción de estas fuerzas sean mínimos. Para el estudio se deberá tener en cuenta los centroides de aplicación de las fuerzas a ambos lados de los ejes X e Y, como consecuencia de las operaciones llevadas a cabo en cada lado.

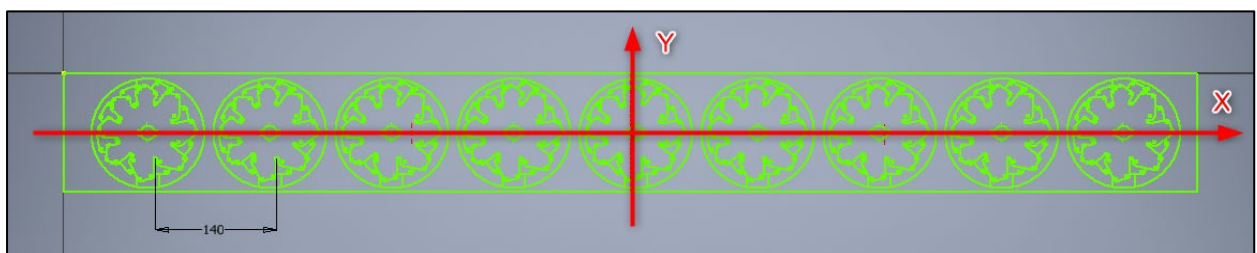


Figura 18. Representación de los ejes de acuerdo a la distribución de las etapas de corte.

Para obtener el centro de aplicación de las fuerzas que actúan tanto a la izquierda, como a la derecha del eje Y, hemos empleado la herramienta de análisis de regiones del software 'Autodesk Inventor', la cual nos permite conocer el perímetro total que vamos a recortar, el área total de chapa que vamos a quitar, y el centroide del conjunto de las áreas de corte. Con ello hemos obtenido la siguiente información que queda resumida en la siguiente imagen:

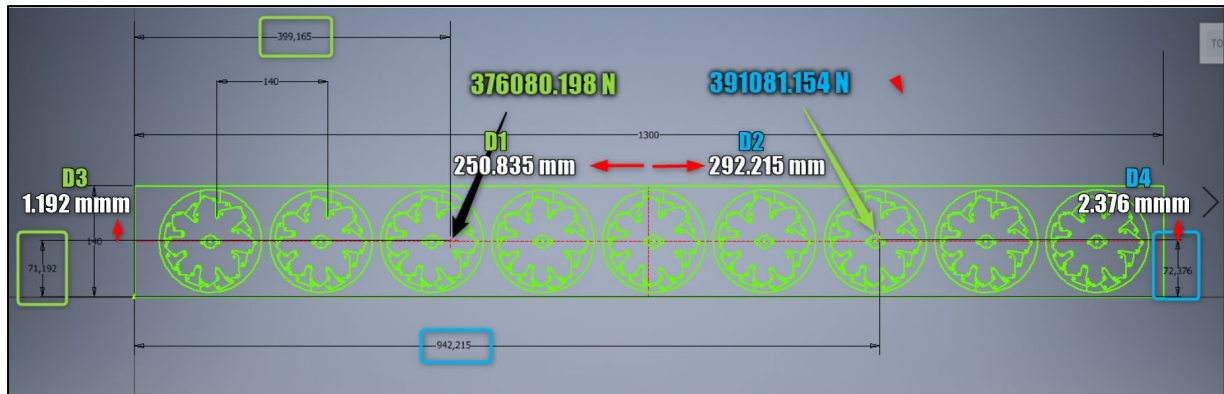


Figura 19. Representación de las fuerzas que actúan sobre el troquel, y sus puntos de aplicación.

En la imagen se puede ver en verde (F_1) la fuerza total aplicada a la izquierda del eje Y, y en azul (F_2) la fuerza total aplicada a la derecha del eje Y, así como las cotas enmarcadas en dichos colores (D_1 , D_2 , D_3 y D_4 respectivamente) que indican la posición de los centroides de aplicación de las fuerzas. Con estos datos, procedemos al cálculo de los momentos que actúan en el troquel, como consecuencia de las fuerzas:

- Momento respecto al eje Y:

$$M_y = (F_2(Kp) \cdot D_2(m)) - (F_1(Kp) \cdot D_1(m)) = 2033,88 \text{ Kp} \cdot m$$

- Momento respecto al eje X:

$$M_x = (F_2(Kp) \cdot D_4(m)) + (F_1(Kp) \cdot D_3(m)) = 140,46 \text{ Kp} \cdot m$$

Como se ve en la imagen, tanto las distancias de los centroides, como la magnitud de las fuerzas son muy similares, por lo que desde un punto de vista dinámico el troquel se puede considerar bien equilibrado, ya que la diferencia que existe entre ambas fuerzas representa tan solo el 1'95% de la magnitud de la fuerza total que actúa en el troquel.

6.2. Fuerza de extracción:

Tras el proceso de corte, hay que considerar los fenómenos de expansión y rozamiento que acontecen entre punzón, material cortado y matriz. De esta manera, es necesario efectuar una determinada fuerza en sentido contrario al de corte de cara a separar los distintos componentes. A esta fuerza es la que se conoce como fuerza de extracción. El valor de esta fuerza se puede aproximar de la siguiente forma:

$$F_{ext} = F_{corte} \cdot 0,1$$

Es decir, que de manera aproximada, la fuerza de extracción será el 10% de la fuerza de corte empleada en cada etapa, y la fuerza de extracción total será igual a la suma de todas las fuerzas de extracción. De esta manera, en nuestro caso nos quedará de la siguiente forma:

- ➔ Etapa 1: $F_{ext} = 0,1 \cdot 2488,128 = 248,81 \text{ Kp}$
- ➔ Etapa 2: $F_{ext} = 0,1 \cdot 1829,136 = 182,91 \text{ Kp}$
- ➔ Etapa 3: $F_{ext} = 0,1 \cdot 17998,272 = 1799,83 \text{ Kp}$
- ➔ Etapa 4: $F_{ext} = 0,1 \cdot 7526,256 = 752,63 \text{ Kp}$
- ➔ Etapa 5: $F_{ext} = 0,1 \cdot 8507,472 = 850,75 \text{ Kp}$
- ➔ Etapa 6: $F_{ext} = 0,1 \cdot 18041,952 = 1804,2 \text{ Kp}$
- ➔ Etapa 7: $F_{ext} = 0,1 \cdot 7536,672 = 753,67 \text{ Kp}$
- ➔ Etapa 8: $F_{ext} = 0,1 \cdot 6724,08 = 672,41 \text{ Kp}$
- ➔ Etapa 9: $F_{ext} = 0,1 \cdot 7576,224 = 757,62 \text{ Kp}$

Por lo tanto, la fuerza de extracción total es:

$$F_{ext} = 7822,85 \text{ Kp}$$

Conocer la fuerza de extracción total es necesario para determinar no solo el tipo de elemento que usaremos para realizar la fuerza, sino también el número necesario de estos.

7. Diseño del troquel:

Una vez conocido el diseño de banda con todas las secuencias de corte, el siguiente paso será el diseño de las herramientas que conforman la geometría en cada una de las etapas de corte. Dependiendo del tipo de geometría a obtener en la etapa, en algún caso se podrá hacer uso de elementos normalizados tales como punzones, sin embargo, para geometrías más concretas y características de nuestro diseño, será necesario realizar el diseño del material de conformado específico para esa etapa.

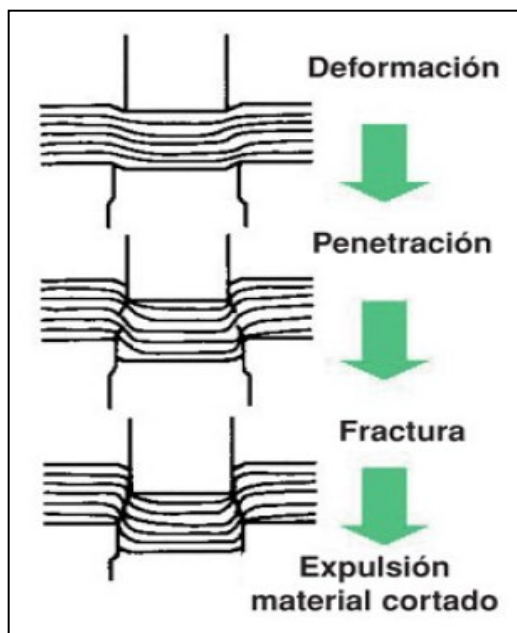
Conocido el diseño de los elementos de conformado se escogerá el conjunto de placas para alojar a dichos elementos en base al tamaño de nuestra banda, así como el de los elementos que deberán alojar ambas placas. En esta etapa del diseño es necesario comprobar que durante el alojamiento de los distintos elementos de conformado no se producen interferencias ya que, de ser así, un rediseño de la banda será necesario, en algunos casos añadiendo etapas libres que permitan una mayor separación entre los distintos elementos de conformado. Si fuese necesario un rediseño de banda dónde se incluyan etapas libres se debe tener en cuenta que el cálculo de esfuerzos se deberá repetir, pues una etapa libre altera la distribución de los esfuerzos a los que se ve sometido el troquel.

Es importante tener en cuenta que las decisiones que se tomen durante el diseño de determinados elementos como pueden ser los punzones y las matrices, van a condicionar el diseño de otros elementos como las placas bases o sufrideras, por lo que es importante tener una visión global del conjunto y no solo de la pieza en la cual se esté trabajando, y que un diseño que a priori pudiera parecer factible, podría convertirse en un problema en etapas posteriores del diseño del resto de componentes.

7.1. Elementos de corte:

A la hora de diseñar los elementos de corte es necesario entender la secuencia de acontecimientos que tienen lugar cuando se lleva a cabo el corte de la chapa. Durante el corte de la chapa se llevan a cabo acciones no solo de carácter mecánico, sino también térmico y químico.

Desde el punto de vista mecánico podemos hablar principalmente de tres acontecimientos:



- 1. Deformación: La acción del punzón sobre la chapa origina su deformación elástica, y posteriormente plástica sobre los cantos del punzón y la matriz.

- 2. Penetración: Los filos del punzón y la matriz penetran en el material de la chapa produciendo una grieta vertical.

- 3. Fractura: Las grietas entre las dos partes se encuentran a mitad de camino, originando la separación completa del material.

Figura 20. Procesos de corte. Centro tecnológico ASCAMM

Respecto a los acontecimientos de carácter térmico, la deformación plástica del material de trabajo (La banda) implica el movimiento de las dislocaciones de la estructura interna de dicho material, esto da lugar a una radiación de energía en forma de calor por parte del material de trabajo, que sumado a la fricción de dicho material con los elementos de corte genera un desgaste en estos elementos. Por ello es muy importante la tolerancia de corte que se aplique al conjunto punzón-matriz, puesto que de ello no solo dependerá la tolerancia de la pieza terminada, sino también otros factores como la fuerza necesaria para expulsar los punzones y el desgaste de ambos elementos, es decir, la vida útil del troquel.

7.1.1 Punzones:

Para el diseño de los punzones se han tenido en cuenta los aspectos previamente mencionados. En cuanto al material, se ofrecen varias alternativas entre las cuales se encuentran por norma general aceros con altas propiedades mecánicas tales como dureza y límite elástico, y en algunos casos se recurre al uso de WIDIA para aquellos troqueles de mediana o gran producción debido a la gran vida útil de este material gracias al poco desgaste al que se ve sometido, no obstante, el mecanizado de piezas de WIDIA es bastante más caro que el del acero, debido a la alta dificultad que plantea su mecanizado. Por ello se va a escoger un acero F-521(HRC 60-62) con tratamientos térmicos de templado y revenido, ya que es una solución idónea para nuestro caso puesto que se encuentra en el punto medio entre los aceros duros para troqueles de baja producción, y los punzones de WIDIA para grandes series.

En cuanto a la geometría de corte, esta vendrá dada por la forma del trozo de chapa que queramos cortar, mientras que la altura total del punzón y la geometría de acople a la placa de alojamiento de los punzones, serán características que el diseñador deberá definir por su cuenta. Respecto a la altura total del punzón, es necesario considerar el rango de fuerzas en el cual van a trabajar los punzones, puesto que la combinación de esfuerzos elevados y punzones esbeltos podría dar lugar a fenómenos de pandeo en aquellos punzones que se vieses sometidos a los esfuerzos más altos. La geometría de acople a la placa tiene que impedir que el punzón pudiera ser ubicado en la placa base de manera incorrecta, por lo que una geometría que actúe de poka-yoke a la hora de insertarlo es la solución idónea.

En la primera etapa, al tratarse de un punzonado simple, haremos uso de un punzón normalizado según ISO 8020 de la marca INMACISA, modelo F con un diámetro de 16.5mm y una longitud total de 100mm. De todos los punzones que intervienen en el troquel este se trata del más crítico en cuanto a pandeo puesto que es el que dispone de la sección más pequeña. De esta manera, comprobaremos la situación del punzón bajo carga de cara a validar este, y el resto de punzones.

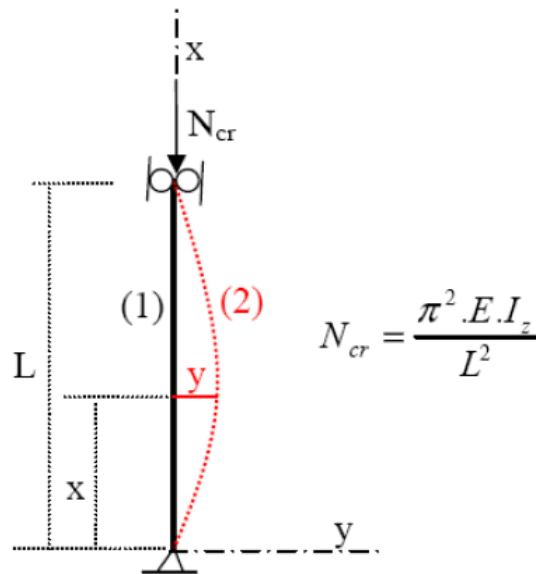


Figura 21. Cálculo a pandeo de un elemento sometido a su carga crítica.

De esta manera vamos a obtener la máxima longitud que podrá tener el punzón de cara a asegurar su comportamiento a pandeo:

$$L_{m\acute{a}x} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E_{acero} \cdot \frac{\pi \cdot d_{punz\acute{o}n}^4}{64}}{F_C}}$$

En nuestro caso:

$$\rightarrow E_{acero} = 210.000 \frac{N}{mm^2} = 21.407 \text{ Kp/mm}^2$$

$$\rightarrow F_{corte} = 2488,128 \text{ Kp}$$

$$\rightarrow d = 16,5 \text{ mm}$$

La sección del punzón es variable, siendo el menor de los diámetros 16,5mm, por lo tanto, esta es la dimensión que vamos a considerar de cara a estar del lado de la seguridad.

De esta forma, la máxima longitud para nuestros punzones será:

$$L_{max} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 21.407 \cdot \frac{\pi \cdot 16,5^4}{64}}{2488,128}} = 551,54 \text{ mm}$$

El punzón INMACISA modelo F tiene una longitud de 32mm correspondiente con la sección crítica del punzón, por lo que cumple holgadamente con los requisitos a pandeo. A continuación, se muestra un ejemplo de la sollicitación mecánica a la que se ve sometido el punzón durante la etapa de corte. Como vemos, el empalme de transición entre el diámetro de 16,5mm, y el diámetro de 28mm es la zona más solicitada, mientras que la zona que empleamos para la sujeción del punzón se trata de la zona más “relajada”. Teniendo en cuenta que el material empleado por INMACISA para fabricación del punzón es un acero HSS, cuyos límites elásticos pueden estar comprendidos entre los 300 – 550 Mpa, contamos con un amplio margen de seguridad, y de esta manera podemos afirmar que no existe riesgo de pandeo ni con este, ni con el resto de punzones.

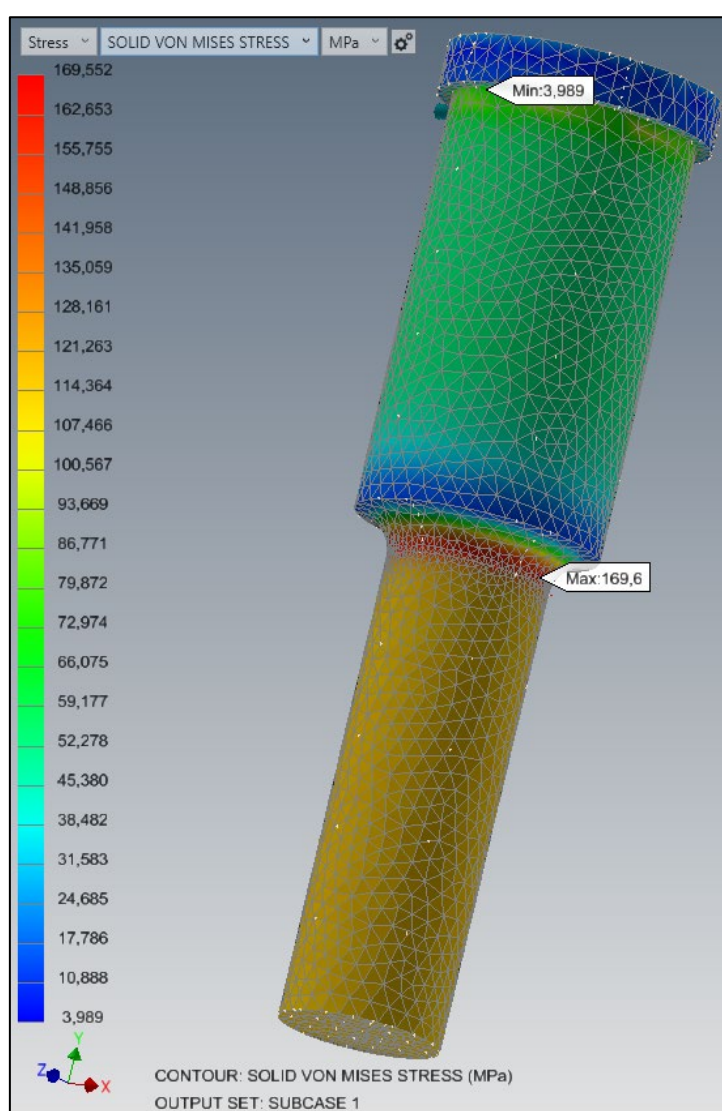


Figura 22. Simulación FEM realizada mediante la extensión NASTRAN in CAD del software Autodesk Inventor.

Como sistema de sujeción se ha escogido el atornillado, puesto que reduce los tiempos de cambio de utillaje, y supone además una unión robusta.

A continuación, se muestra una imagen dónde se ven los distintos punzones que intervienen en el proceso en cada etapa de corte:

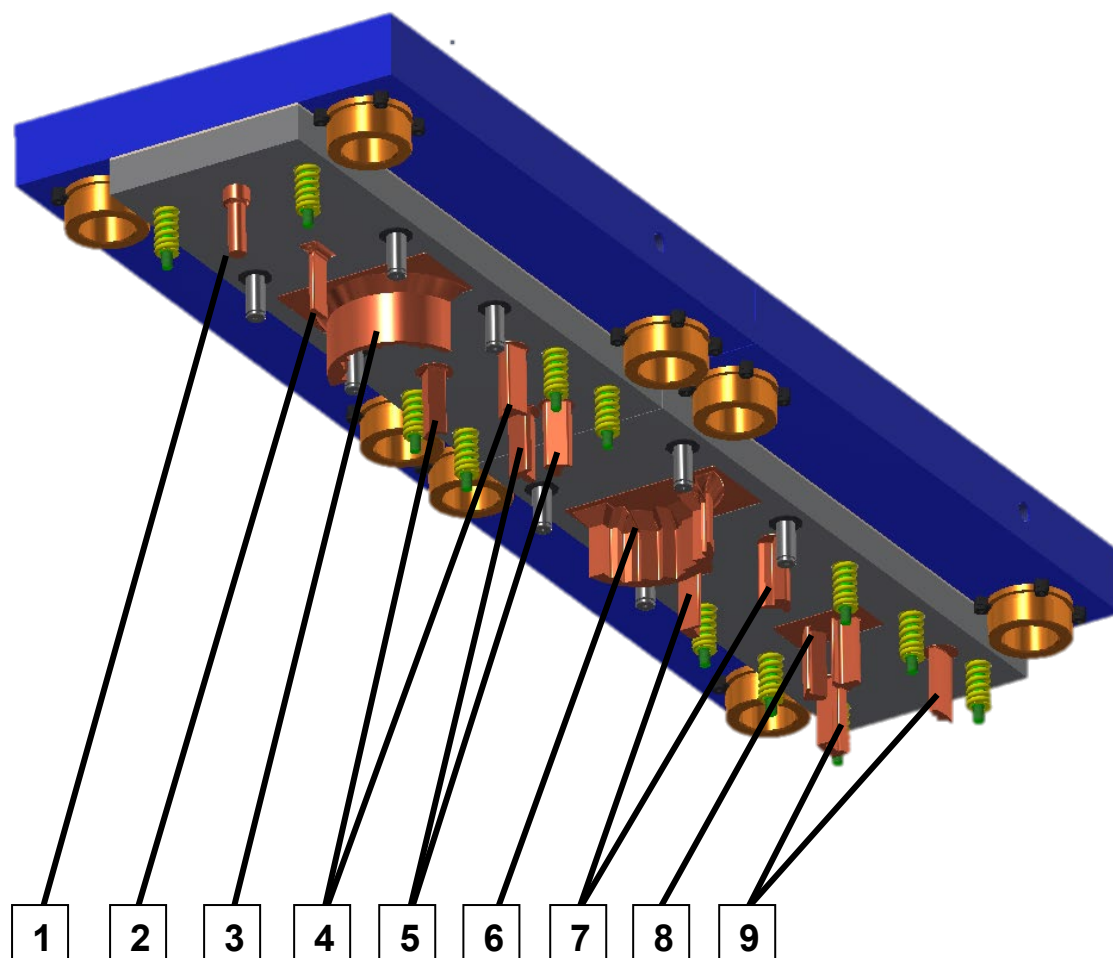


Figura 23. Conjuntos superiores del troquel formados por las bases superiores, sufrideras, placas portapunzones, punzones, y resortes.

7.1.2 Matrices:

El material que vamos a emplear para la fabricación de las matrices va a ser el mismo que vamos a emplear para la fabricación de los punzones, es decir, un acero F-521(HRC 60-62) con tratamientos térmicos de templado y revenido, puesto que al igual que sucede con los punzones, se tratan de componentes sometidos a desgaste durante el funcionamiento del troquel.

Para el perfil de corte vamos a aplicar una tolerancia general de +0,05mm, es decir el 3,33% del espesor de chapa. Aceros con resistencia a la cizalladura elevada conllevan tolerancias de corte igualmente elevadas, sin embargo, en este caso dada la resistencia del acero escogido para la fabricación de la pieza ($32Kp/mm^2$), podemos trabajar con esa tolerancia de corte.

El mecanizado del perfil de corte se llevará a cabo mediante electroerosión por hilo para garantizar una óptima precisión.

En las matrices un aspecto importante a tener en cuenta es la vida de la matriz, se denomina vida de la matriz a la dimensión que se corresponde con la cota vertical del perfil de corte (Ver imagen de abajo). Al finalizar un proceso de corte, el perfil cortado tiende por expansión y rozamiento a quedarse adherido en el interior de la matriz, por ello aparte de tener en cuenta la cota de penetración del punzón dentro de la matriz, la cual debe ser por lo menos el 80% de la profundidad total de la vida, se le da un ángulo de caída tal que cuando se produzca un nuevo proceso de corte, el perfil cortado en ese momento expulse los restos del corte anterior.

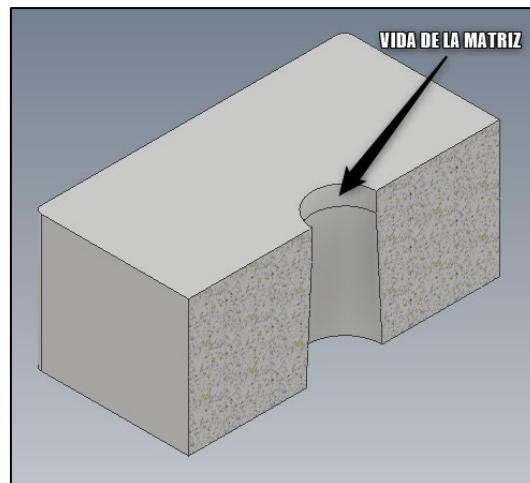


Figura 24. Vida de una matriz

A continuación, se muestra una imagen dónde se ven las distintas matrices que intervienen en el proceso en cada etapa de corte:

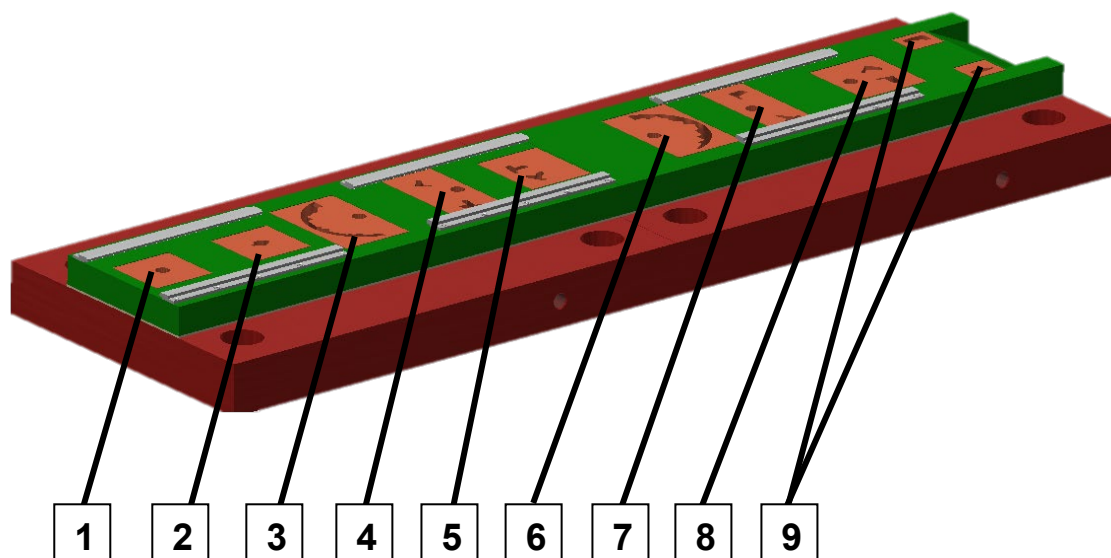


Figura 25. Conjuntos inferiores del troquel formados por las bases inferiores, sufrideras, placas portamatrices, matrices, y guías de banda.

7.2. Conjunto portamatrices:

Para el conjunto portamatrices se ha optado por comerciales de la marca Fibro GmbH, los cuales se componen de elementos normalizados según DIN 9868 / ISO 11415. De cara a reducir costes y facilitar la fabricación se ha optado por comprar dos conjuntos de la compañía Fibro GmbH referencia 2010.49.6340.1.835.1 los cuales están compuestos por una base inferior, una placa guía punzones, una base superior, y los elementos guía. De esta forma las únicas operaciones de mecanizado que ejecutemos sobre los componentes serán de cara a construir los alojamientos de los elementos que coloquemos sobre estos, y por lo tanto nos ahorraremos mecanizados para constituir la forma de las placas.

A continuación, se muestra una imagen del conjunto previo a su mecanizado para el alojamiento del resto de componentes, es decir, tal y como viene de fábrica.

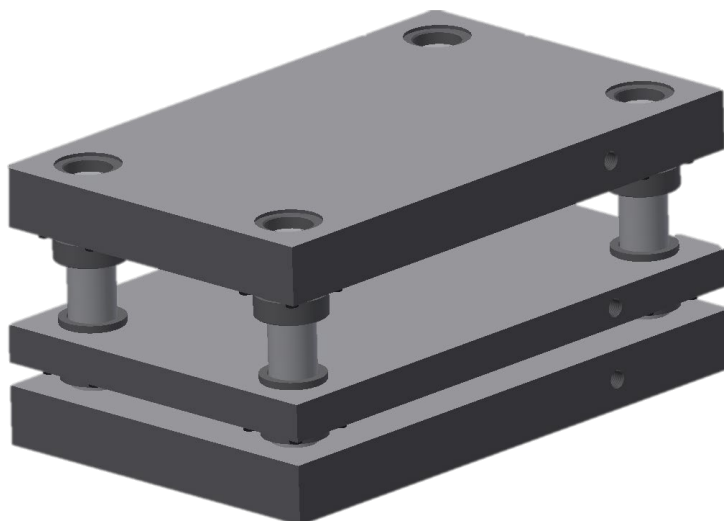


Figura 26. *Conjunto normalizado modelo 2010.49.6340.1.835.1 de la marca Fibro GmbH*

7.2.1 Base inferior:

La base inferior es el elemento sobre el cual descansan el resto de componentes del troquel, y este va unido a la bancada de la prensa. Además, en la base inferior se encuentran ensamblados los elementos de centraje, en este caso, en cada base inferior van montadas 4 columnas guía del fabricante Fibro GmbH, referencia 202.19.050.280.10 fabricadas según norma DIN 9825/ISO 9182-2.

La geometría de la base inferior deberá ser tal que permita la caída de los restos de corte de cada etapa del proceso, ya demás debe asegurar la correcta sujeción de las matrices de corte. En nuestro caso, las matrices van atornilladas a la base inferior, por lo que deberá contener los taladros pasantes pertinentes para facilitar el montaje.

La base inferior no es un elemento que requiera de gran precisión en cuanto la geometría para poder expulsar el material de corte, pero al igual que el resto de elementos que actúan como soporte de uno o más componentes, requiere calidades de planitud, paralelismo y perpendicularidad altas, por ello hay que rectificar las caras de apoyo. La calidad de los acabados deberá ser tal, que aseguré:

- ➔ Tolerancia de paralelismo $\leq 0,005\text{mm}$ en las sobre las que descansan las sufrideras.
- ➔ Tolerancia de planitud de las caras sobre las que descansan las sufrideras $\leq 0,003\text{mm}$ por cada 100mm de longitud.

El material de la base inferior es un acero St.52-3, que según la norma UNE equivaldría a un acero F-112, es decir, un acero blando de alta maquinabilidad.

A continuación, se muestra la base inferior ya mecanizada con las salidas para el material de corte, así como los alojamientos de las columnas guía en los extremos de cada base:

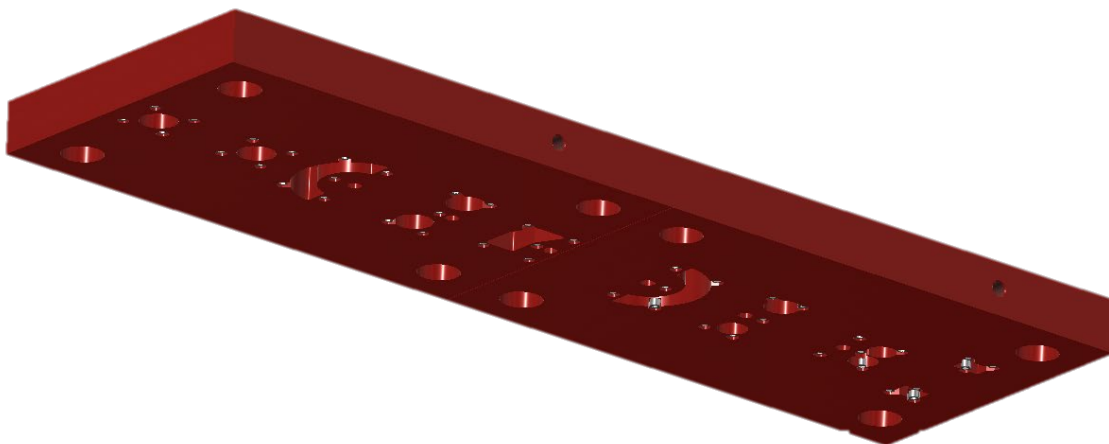


Figura 27. Bases superiores del troquel.

7.2.2 Placa guía punzones y placa pisadora:

El conjunto guía-pisador desempeña tres funciones principales durante el trabajo del troquel:

- ➔ Guiar los punzones.
- ➔ Pisar la banda.
- ➔ Extraer la banda de los punzones después de cortar.

Como se ha expuesto previamente, durante los procesos de corte uno de los aspectos más importantes es la fricción, y si no se tiene en cuenta, una de las posibles consecuencias es la deformación de la chapa, lo cual puede dar lugar a que no obtengamos la geometría deseada durante el trabajo de nuestro troquel. Por ello, la placa guía punzones (Placa pisadora en nuestro caso) cumple con la función de mantener completamente plana la chapa no solo durante el proceso de corte de esta, sino también durante la extracción de los punzones, de manera que la chapa no se deforme durante el proceso de conformado de la geometría final.

A la hora de escoger el sistema de guía se nos ofrecen principalmente tres opciones:

1.- Matriz con punzones al aire: No es el método más recomendable, puesto que el riesgo de pandeo de los punzones, y el de deformar la chapa, son muy altos. Sin embargo, para troqueles de baja producción, y con fuerzas de corte no muy elevadas, se ofrece como una alternativa más económica que el resto.

2.- Matriz con placa guía, sin pisador: Disminuye el riesgo de pandeo de los punzones, pero no asegura que no se vaya a deformar la chapa durante las operaciones de conformado.

3.- Matriz con placa guía y pisador: Se trata de la opción escogida, puesto que es la más fiable de las tres opciones. La placa pisadora mantiene la chapa plana antes, durante, y después del proceso de matrizado.

Por lo tanto, en base al modelo escogido, el sistema placa guía más pisador funciona de la siguiente manera:

1.- EL conjunto superior del troquel comienza a descender hasta que la placa pisadora hace contacto con la chapa, de manera que esta queda totalmente inmovilizada y plana.

2.- El conjunto de muelles y resortes de gas que van montados sobre la placa guía comienzan a comprimirse a medida que los punzones descienden.

3.- Los punzones llevan a cabo la operación de corte.

4.- A la vez que se produce el proceso de corte, se lleva a cabo de igual manera la expulsión del retal correspondiente al material cortado.

5.- El conjunto superior inicia el recorrido a la posición inicial.

6.- El conjunto superior se encuentra de nuevo en la posición más elevada y la totalidad de los resortes han recuperado su estado inicial.

7.- Se inicia de nuevo el proceso.

En cuanto a las dimensiones del conjunto guía-pisador, se recomiendan los siguientes aspectos:

- ➔ Es espesor del conjunto es aconsejable que sea por lo menos del 35% respecto a la longitud de los punzones. En nuestro caso:

$$e = 0,35 \cdot L_p = 0,35 \cdot 100 = 35mm$$

El espesor con el que nosotros vamos a trabajar es de 37mm, por lo tanto, cumple con esta recomendación.

- ➔ En cuanto la perpendicularidad, y el paralelismo, este debe asegurar una desviación $\leq 0,005mm$ por cada 100mm.
- ➔ El ajuste entre la placa y los punzones se recomienda que sea del orden de H7/g6, que para las dimensiones con las que nosotros trabajamos equivaldría a un juego de 4 centésimas de milímetro como máximo aproximadamente.

Para asegurar las tolerancias después del mecanizado, asegurar la limpieza y encuadrado de las caras se recomienda dejar por lo menos 5mm de material excedente en cada una de

las caras. El material escogido será un acero F-521 para la placa pisadora, y un acero F-114 para la placa guía punzones.

En ambos casos el proceso de mecanizado se realizará de la siguiente manera:

- 1.- Limpieza y escuadrado de las caras.
- 2.- Punteado y taladrado de los agujeros.
- 3.- Mecanizado de los alojamientos para punzones con un juego de entre 0,2mm y 0,4mm.
- 4.- Erosionado de los alojamientos.
- 5.- Mandrinado y roscado de los agujeros.
- 6.- Rectificado de las caras de apoyo.

A continuación, se muestra el conjunto placa guía más placa pisadora del troquel:

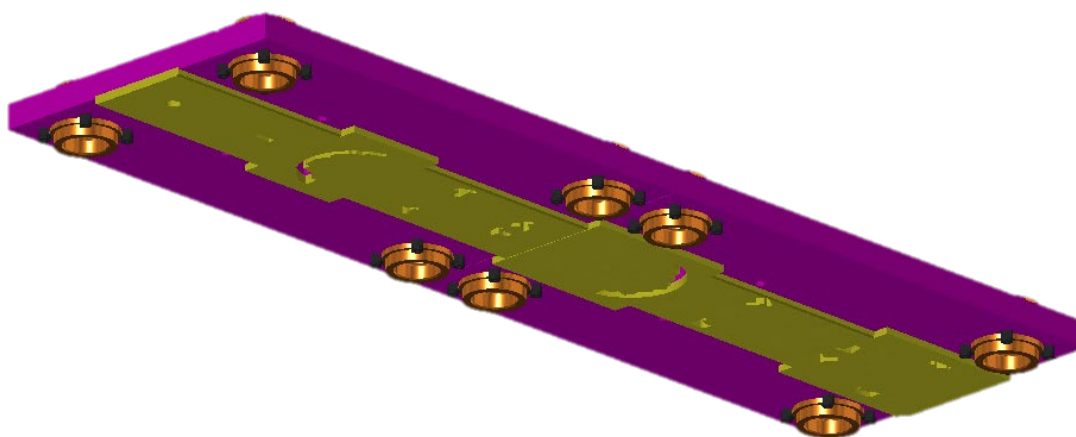


Figura 28. *Placas guías y placas pisadoras del troquel.*

7.2.3 Base superior:

La base superior es el componente sobre el cual descansan la sufridera de los punzones, la placa porta-punzones, y el resto de elementos de compresión que unen la placa porta-punzones con la placa guía punzones.

Al igual que sucede con la base inferior partimos de un elemento comercial para después llevar a cabo las modificaciones pertinentes en la geometría que permitan darle el uso que finalmente queremos. En este caso se trata de una placa de acero de la marca Fibro GmbH, referencia 2010.49.630.400.63 fabricada según DIN 9825/ISO 9182-2 la cual mecanizaremos posteriormente.

El material de la base inferior, al igual que el de la base superior, es un acero St.52-3, que según la norma UNE equivaldría a un acero F-112, es decir, un acero blando de alta maquinabilidad.

En el caso de la base superior, y en términos generales, debe cumplir con los siguientes requisitos dimensionales:

- ➔ Tolerancia de paralelismo $\leq 0,005\text{mm}$ en las sobre las que descansan las sufrideras.
- ➔ Tolerancia de planitud de la cara sobre la que descansa la sufridera $\leq 0,003\text{mm}$ por cada 100mm de longitud.
- ➔ Medidas externas adecuadas para su fijación a la prensa.
- ➔ Espacio suficiente para acceder a todos los elementos.
- ➔ Espesor suficiente para soportar todos los esfuerzos.
- ➔ Rectificado de las caras de trabajo.

En este caso se el modo de fijación de los punzones es por unión atornillada, por lo que es de gran importancia la precisión de los taladros que determinen la posición final de los punzones, pues de ellos dependerá en gran medida, la precisión de la pieza final. Además, el paralelismo y la planitud de los alojamientos de los punzones también es de gran importancia, pues se deberá asegurar que los punzones trabajen de forma totalmente perpendicular a banda, ya que, de no ser así, esto daría lugar a imperfecciones en la pieza final, reduciría la vida útil de los punzones, y en el peor de los casos daría lugar a un fallo destructivo de los elementos de corte.

El proceso de mecanizado de la base superior, se lleva a cabo de la siguiente manera:

- 1.- Limpieza y escuadrado de las caras. (En nuestro caso, este proceso ya esta realizado, puesto que compramos el conjunto entero)
- 2.- Punteado y taladrado de los agujeros.
- 3.- Mandrinado de los agujeros.
- 4.- Mecanizado de formas o rebajes.
- 5.- Rectificado de las caras. (Al igual que sucede con el punto uno, este paso no haría falta hacerlo, puesto que la pieza ya viene rectificada)

A continuación, se muestran las dos bases superiores ya mecanizadas con todos los alojamientos correspondientes a los elementos de unión de la base con el resto de componentes:

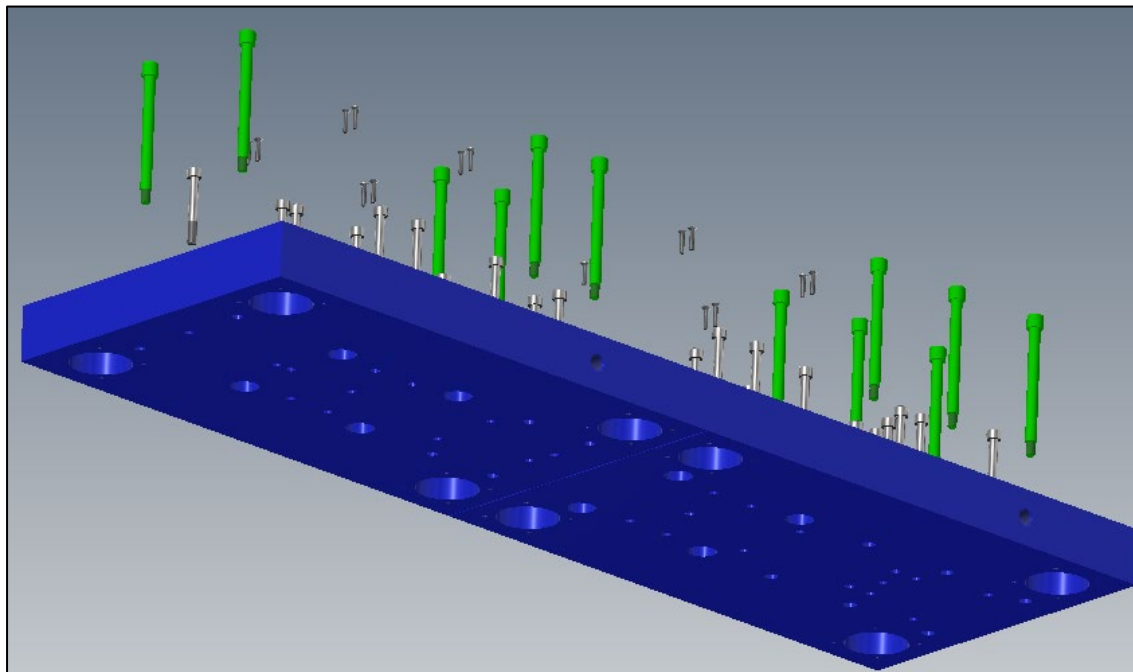


Figura 29. Bases superiores del troquel y sus elementos de fijación.

7.3. Sufrideras:

La función básica de las sufrideras, o placas de choque, es la de asegurar una distribución óptima de los esfuerzos que se aplican como consecuencia de los procesos de corte y doblado. De manera que situándolas entre las placas portamatrices y portapunzones, se pretende evitar el riesgo de enclavamiento de aquellos punzones cuya geometría sea pequeña en relación al tamaño del troquel y que además estén sometidos a grandes esfuerzos.

Es imprescindible que todas las placas sufrideras del troquel tengan una superficie bastante mayor que la de los punzones o matrices sobre los que descansan, ya que, si no fuese así, existiría riesgo de enclavamiento de la sufridera sobre los componentes previamente mencionados. En nuestro caso, ambas sufrideras abarcan la máxima superficie posible, pues son de las mismas dimensiones que las placas bases, y las placas portapunzones y portamatrices, por ello podemos esperar una distribución óptima de los esfuerzos.

A la hora de diseñar las sufrideras, se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos:

- ➔ El paralelismo entre las caras de apoyo deberá ser $\leq 0,005\text{mm}$.
- ➔ La planitud de las caras de trabajo deberá ser $\leq 0,005\text{mm}$ por cada 100mm.
- ➔ Las caras de apoyo deberán estar rectificadas.
- ➔ La geometría deberá permitir el paso de los elementos fijadores, tales como, tornillos o fijas.
- ➔ El espesor debe estar comprendido entre 8mm y 18mm para asegurar que absorbe correctamente los impactos y no hay riesgo de rotura.

En nuestro caso, vamos a emplear un espesor para ambas sufrideras tal que represente el 28 por ciento del espesor de las placas portamatrices y portapunzones:

$$e_{porta} \cdot 0,28 = 35\text{mm} \cdot 0,28 = 9,8\text{mm}$$

Por lo tanto, emplearemos placas sufrideras de 10mm de espesor.

Al producirse el impacto del punzón contra la chapa, la resistencia que oponga la chapa a ser cortada será transmitida a la superficie de corte del punzón, y posteriormente a la placa más próxima. Debemos tener en cuenta que dichos esfuerzos se producirán de forma alternativa, por lo que un requisito imprescindible para todas las sufrideras es que se fabriquen empleando un material lo más tenaz posible o bien que estén templadas para resistir los impactos mencionados. Por lo tanto, para la construcción de las sufrideras emplearemos materiales que admitan el tratamiento térmico de temple y que así mismo conserven sus propiedades de tenacidad y cohesión en el núcleo.

Llegados a este punto, podemos escoger entre emplear un acero de los denominados “aceros indeformables” (Límite elástico superior a 100 Kg/mm^2), de manera que evitaríamos el rectificado posterior de la placa y la aplicación de un tratamiento térmico, o emplear un acero del tipo F-114 con un posterior temple que asegure una dureza de 54-58 HRc. En nuestro caso vamos a emplear un acero F-524, templado y revenido (HRc 56-58).

Se aconseja que el tratamiento térmico a baja dureza se realice antes del proceso de mecanizado, para así evitar deformaciones posteriores del temple que implicarían rectificar de nuevo.

Respecto al proceso de mecanizado, se realizará siguiendo los siguientes pasos:

- 1.- Limpieza y escuadrado de las caras.
- 2.- Punteado y taladrado de los agujeros.
- 3.- Mecanizado de posibles figuras (No es necesario en nuestro caso)
- 4.- Templado y revenido.
- 5.- Rectificado de las caras.

A continuación, se muestran las sufrideras con los taladros que permiten el montaje de los elementos de sujeción:

7.4. Placa portamatrices:

La placa portamatrices o cajera es el elemento del troquel cuya finalidad es alojar y asegurar la posición de las matrices. Por lo tanto, las matrices irán ajustadas en dicha placa de manera que se impida el movimiento relativo entre las matrices y la placa portamatrices.

Emplear elementos postizos como matrices tiene como finalidad asegurar la fácil intercambiabilidad y mantenimiento de aquellos elementos del troquel que están sometidos a desgaste. Además, de esta manera, los esfuerzos serán absorbidos en su mayoría por las matrices y las sufrideras por lo que las placas portamatrices apenas sufrirán esfuerzos. No obstante, en algunos casos muy concretos y de poca producción se emplea la placa portamatrices directamente como matriz, lo que supone aplicar tratamientos térmicos concretos, emplear unos determinados espesores según la resistencia al corte del material de conformado, etc. Nuestro caso es el más habitual, es decir, una placa portamatrices donde se alojan las matrices como elementos postizos, lo cual tiene una gran ventaja respecto al caso anteriormente mencionado, y es que en caso de rotura el coste de sustitución será mucho más barato en el caso de emplear postizos, pues únicamente habrá que reemplazar una pieza y no una placa entera.

Para el mecanizado de la placa portamatrices partiremos de un material en bruto acero F-112 con excedente de 5mm aproximadamente en todas sus caras. En las cajas, una vez limpias y escuadradas sus caras, se procederá al vaciado interior de la placa. Al igual que sucede con el resto de elementos mencionados deberá cumplir con las siguientes características geométricas:

- ➔ El paralelismo entre las caras de apoyo deberá ser $\leq 0,005\text{mm}$.
- ➔ La planitud de las caras de trabajo deberá ser $\leq 0,005\text{mm}$ por cada 100mm.
- ➔ Las caras de apoyo deberán estar rectificadas.

Para lograr dichas características, el proceso de mecanizado se llevará a cabo de la siguiente manera:

- 1.- Limpieza y escuadrado de las caras.
- 2.- Punteado y taladrado de los agujeros
- 3.- Mecanizado de cajas.
- 4.- Rebaje de figuras.
- 5.- Mandrinado de agujeros.
- 6.- Rectificado de caras.
- 7.- Montaje y ajuste de los segmentos.

A continuación, se muestra una imagen de las dos placas portamatrices de nuestro troquel, con las matrices ya ensambladas en sus respectivos alojamientos:

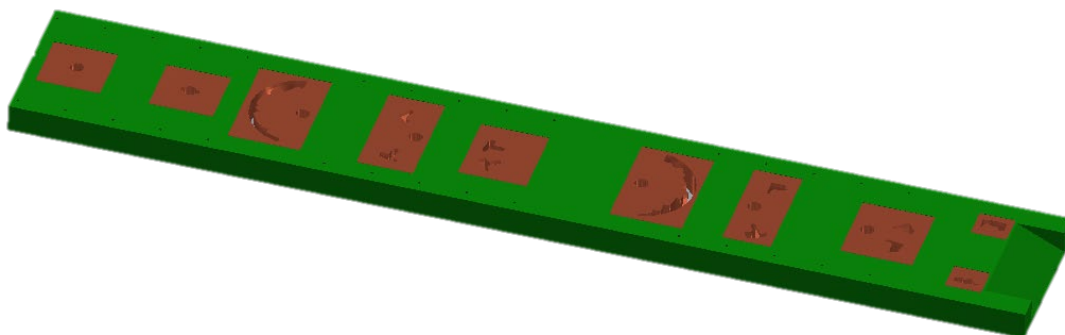


Figura 30. Placas portamatrices del troquel con sus respectivas

7.5. Placa portapunzones:

La finalidad de la placa portapunzones es alojar y mantener constante la posición de todos los punzones que intervienen en los procesos. Los punzones podrán ser tanto de corte como de doblado, grandes o pequeños en relación al tamaño del troquel, pero todos deben cumplir con una condición, deberán estar sujetos y guiados de manera que no puedan moverse o desprenderse de la placa.

Un aspecto muy importante a la hora de montar la placa es el de asegurar un total paralelismo, así como perpendicularidad, de los punzones con respecto a sus alojamientos.

La correcta posición, y el amarre de la placa portapunzones a la base superior se realizará mediante tornillos y pasadores. Normalmente la manera de sujetar ambas piezas es mediante tornillos que irán de arriba hacia abajo y roscados en la propia placa portapunzones, y de esta manera nos aseguramos una fácil maniobrabilidad cada vez que queramos desmontar la placa portapunzones. Por lo tanto, y en base a lo explicado anteriormente, los tornillos cumplirán con la función de sujeción de la placa a la base superior, mientras que los pasadores serán los encargados de asegurar la correcta posición y alineación de los taladros de ambos componentes. Como información adicional, en ocasiones, el mecanizado de dichos taladros se realiza de manera conjunta en la placa portapunzones y la base superior, de cara a asegurar una alineación óptima.

Para matrices de gran tamaño se aconseja dividir la placa portapunzones en varios sectores. En nuestro caso, el troquel consta de dos placas portapunzones debido a las dimensiones del troquel.

Respecto al ajuste de los punzones a la placa, normalmente se trabaja con dos alternativas:

La primera es que los punzones dispongan de holgura con respecto a la placa portapunzones, de manera que deberán ir guiados por la placa guía-pisadora, de esta manera el mecanizado de la placa portapunzones no requerirá de acabados especiales respecto al ajuste.

La segunda es que los punzones dispongan de holgura con respecto a la placa guía-pisadora y que el ajuste y guiado se lo otorgue el montaje de los punzones en la placa portapunzones.

Uno de los ajustes más empleados en la industria es el H7-k6, puesto que asegura un buen ajuste y guiado de los punzones a través de la palca portapunzones.

En cuanto a las dimensiones de la placa no existen medidas standard, pero se deberán tener en cuenta factores como:

- ➔ Tamaño de la placa pisadora.
- ➔ Tamaño de la placa portamatrices.
- ➔ Número de punzones.
- ➔ Esfuerzos a los que está sometido la placa.

Por norma general se suele trabajar con las mismas medidas que la placa portamatrices y la placa pisadora.

Respecto al espesor de la placa, este debe asegurar que la placa es capaz de soportar todos los esfuerzos a los que se ve sometida durante los procesos de conformado. Normalmente se trabajan con espesores que pueden oscilar entre el 20% y el 30% de la longitud de los punzones. En nuestro caso, y para estar del lado de la seguridad, trabajaremos con un espesor del 35% con respecto a la longitud de los punzones:

$$e = 0,35 \cdot L_p = 0,35 \cdot 100 = 35mm$$

En cuanto a características geométricas de relevancia en la placa portapunzones se deberá tener en cuenta:

- ➔ Tolerancia de paralelismo $\leq 0,005mm$ en las sobre las que descansan las sufrideras.
- ➔ Tolerancia de planitud de la cara sobre la que descansa la sufridera $\leq 0,005mm$ por cada 100mm de longitud.
- ➔ Perpendicularidad $\leq 0,005mm$ entre los punzones y las caras de apoyo.
- ➔ Mínimo ajuste entre placa y punzones: H7/g6

Respecto al material a usar para la fabricación de la placa porta matrices, se pueden considerar las siguientes alternativas en función del tamaño de la placa:

- ➔ Placa de pequeño tamaño: Acero F-114 / F-522
- ➔ Placas de tamaño mediano: Acero F-112
- ➔ Placas de gran tamaño: Acero F-111

En nuestro troquel vamos a emplear un acero F-112.

Con respecto al proceso de mecanizado de la placa portapunzones, partiremos de un material en bruto con un excedente que puede oscilar entre los 3mm y los 5mm en todas sus caras, y constará de los siguientes pasos:

- 1.- Limpieza y escuadrado de las caras.
- 2.- Punteado y taladrado de los agujeros.
- 3.- Mecanizado de las cajas y figuras.
- 4.- Erosionado de los alojamientos.
- 5.- Mandrinado y roscado de los agujeros.
- 6.- Rectificado de las caras.
- 7.- Montaje de los componentes.

A continuación, podemos ver las dos placas portapunzones que componen el troquel con los punzones ya montados:

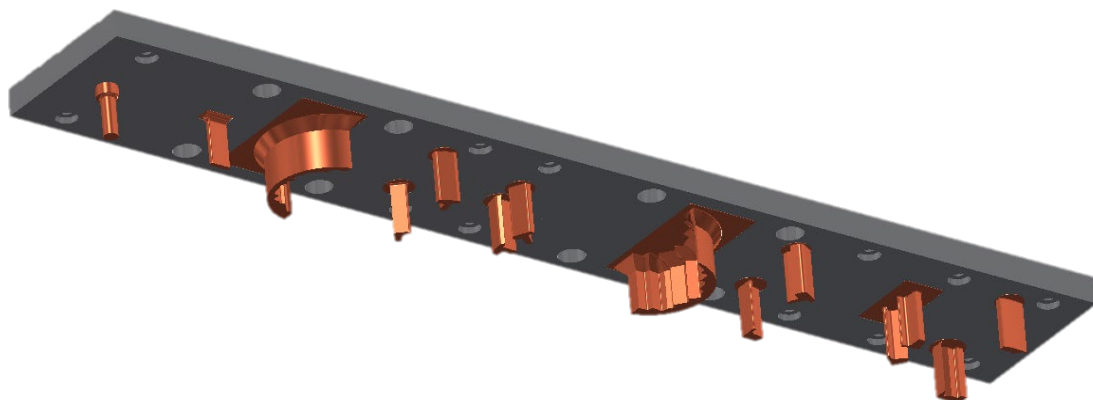


Figura 31. *Placas portapunzones con sus respectivos punzones.*

7.6. Guías de banda:

Las reglas, o guías de banda, son los elementos encargados de asegurar el correcto desplazamiento de la banda durante el proceso de corte, es decir, deben asegurar que, durante el corte de la chapa, esta no se desplace lateralmente de manera que se produzcan defectos o imperfecciones en la figura final. Así mismo, estas se dispondrán a lo largo de la banda, quedando libres aquellos tramos en los que sea necesario dejar espacio a los elementos de corte.

Dependiendo del modo en que sujeten la banda, podemos hablar de dos tipos de reglas:

- Reglas fijas tipo A: Este tipo de reglas es ampliamente utilizado en matrices, independientemente de que sean de tipo puente o tipo pisador, manuales o progresivas. Este tipo de reglas sujeta la banda de forma lateral, quedando al descubierto la zona superior, y se caracterizan por tener una serie de rebajes a lo largo de su longitud que permiten reducir el rozamiento con la banda para así facilitar el desplazamiento longitudinal de esta. Los rebajes que se realicen deben asegurar el no estancamiento de la banda durante el trabajo del troquel, pero a la vez la regla debe ser capaz de sujetar correctamente la banda, por lo que hay que llegar a una solución de compromiso entre ambos requisitos durante el diseño.
- Reglas fijas tipo B: Este tipo de reglas son las más utilizadas en las matrices libres con pisador. Se caracterizan porque su geometría conforma una especie de calle a través de la cual circula la banda. A la hora de diseñar este tipo de reglas es muy importante tener en cuenta el juego que deberá haber entre la banda y la regla, pues durante el tratamiento térmico de las reglas pudieran darse transformaciones que afectasen negativamente a dicho juego, pudiendo originar estancamientos una vez el troquel esté funcionando.

En nuestro caso vamos a emplear reglas de tipo B, en las cuales se ha dejado un juego de 0.5mm entre la banda y la parte superior de la regla de cara a asegurar el correcto amarre de la banda posteriormente a realizar el tratamiento térmico en las reglas.



Figura 32. Vista frontal de las guías de banda sobre el troquel.

En cuanto a la elección del material el factor más importante a considerar es el desgaste de la banda, por ello se suelen emplear aceros duros. En nuestro caso vamos a emplear un acero F-114 con tratamiento termoquímico de nitrurado, que mejorará notablemente su resistencia al desgaste, y tratamientos térmicos de templado y revenido.

En el caso de las reglas guía, los requisitos en cuanto a la geometría y dimensiones, que se deben cumplir son los siguientes:

- ➔ Tolerancia $\leq 0.05\text{mm}$ de paralelismo en las caras de guiado.
- ➔ Planitud en las caras de apoyo $\leq 0.05\text{mm}$ por cada 100mm de longitud.
- ➔ Espesor y altura adecuados a la función que debe realizar.
- ➔ Material con buena resistencia al desgaste.

Para cumplir con estos requisitos el proceso de mecanizado se llevará a cabo de la siguiente manera:

- 1.- Corte del material.
- 2.- Limpieza y escuadrado de las caras.
- 3.- Punteado y mecanizado de los agujeros.
- 4.- Mecanizado de los rebajes si los hubiese.
- 5.- Tratamientos térmicos y termoquímicos.
- 6.- Rectificado y montaje.

A continuación, se muestra una imagen de las reglas de banda empleadas en el troquel:

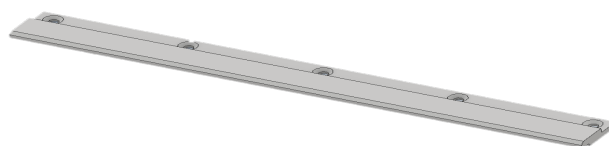


Figura 33. Guías de banda del troquel.

7.7. Elementos de guiado:

Uno de los parámetros más importantes a tener en cuenta a la hora de montar un troquel es la concéntrica de los dos elementos principales que sustentan el resto de elementos, es decir, la base superior y la base inferior. Para garantizar dicha concéntrica es necesario guiar la parte móvil del troquel, la base superior, con elementos que garanticen su concéntrica con la base inferior. Esta labor de guiado recae sobre las columnas que se sitúan en la base inferior del troquel, y sobre las que irá guiada la base superior de este, garantizando de esta forma la concéntrica de ambas bases.

Normalmente, el sistema de guiado se selecciona en función de el tamaño del troquel, así como el número de ciclos estimado para la vida útil de este.

En troqueles de pequeño tamaño es común emplear sistemas de guiado mediante jaulas de bolas y casquillos guía, de manera que el rozamiento en su interior es muy bajo y permite trabajar a altas velocidades. Sin embargo, en este tipo de sistemas de guiado es muy sensible a los esfuerzos laterales que se pudieran producir dentro del sistema de guiado, por ello es muy importante que las fuerzas que se produzcan en el troquel durante el proceso de corte sean lo más compensadas posibles, ya que, de no ser así, la vida útil de las jaulas de bolas se reducirá considerablemente.

En troqueles de gran tamaño, y grandes esfuerzos, se suele requerir al método más convencional, el guiado mediante casquillos por fricción. Este método emplea el ajuste entre el casquillo y la columna como parámetro de concéntrica para asegurar el correcto trabajo del troquel. Si bien es cierto que el guiado mediante jaula de bolas permite alcanzar mayores niveles de precisión, el método de guiado por casquillo supone un coste menor.

Para nuestro troquel, dadas las dimensiones y los esfuerzos, hemos optado por un sistema de guía por casquillos de fricción. Al escoger este método deberemos tener en cuenta que la lubricación de las columnas guía representa un papel muy importante, pues de no ser así, tanto las columnas como los casquillos podrían someterse a un proceso de desgaste agresivo que daría lugar a un mayor juego en el sistema de guiado, y por consiguiente una menor concéntrica.

A la hora de disponer las columnas sobre el troquel se deberán tener en cuenta algunos puntos importantes como:

- ➔ Maniobrabilidad del operario.
- ➔ Accesibilidad al troquel.
- ➔ Compensación de los esfuerzos.

En nuestro caso vamos a optar por una disposición a 4 (Ver imagen de abajo) en cada troquel, la cual ofrece la mejor solución en cuanto a centraje:

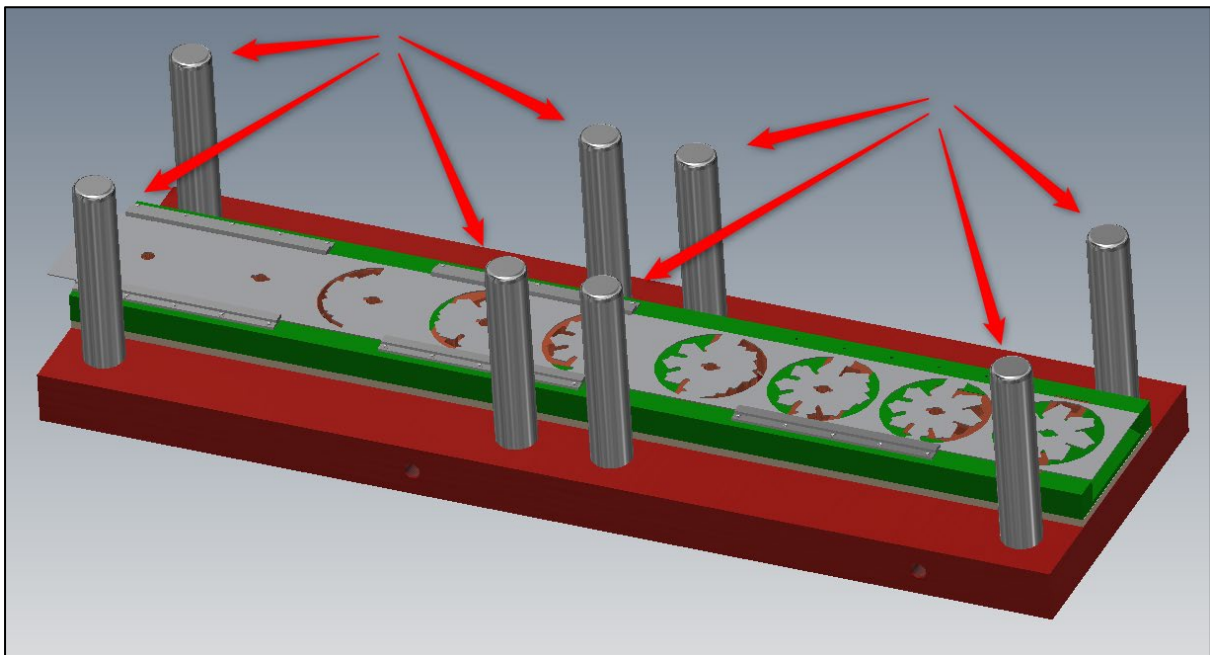


Figura 34. Columnas guía del troquel.

7.8. Resortes:

Los resortes o cilindros de gas son los elementos encargados de asegurar una mínima fuerza de extracción, tal que, una vez realizado el proceso de corte, el conjunto superior formado por la placa pisadora, y la base superior, sea capaz de desprenderse de la parte inferior del troquel.

Para seleccionar nuestros elementos que actuaran como resortes, deberemos conocer previamente la fuerza de extracción. El valor que hemos calculado previamente (Apartado cálculo de esfuerzos) es:

$$F_{ext} = 7822,85 \text{ Kp}$$

A la hora de seleccionar los elementos que actuarán como resortes, se ofrecen dos alternativas:

- ➔ Muelles.
- ➔ Resortes de gas.

Si comparamos ambos componentes, los cilindros de gas ofrecen rangos de fuerzas mayores a los ofrecidos por los resortes, además, requieren de menos mantenimiento, y la vida útil es mayor. Sin embargo, los muelles convencionales ofrecen de igual manera una solución válida, y más económica, por lo que aún son ampliamente utilizados.

En nuestro troquel vamos a emplear ambos componentes, situando los cilindros de gas cerca de aquellas etapas en las que el troquel este sometido a mayores esfuerzos de corte, de cara a facilitar la extracción del conjunto superior en esa zona.

Los elementos que vamos a emplear son:

ELEMENTO	FUERZA UNITARIA (N)	CANTIDAD	FUERZA (N)	FUERZA TOTAL (N)
 Muelle Royme clase G 51	2496	12	29952	85152
 Cilindro de gas Fibro GmbH 2497.12.00500.038	6900	8	55200	

Figura 35. Resortes empleados en el troquel. Catálogo ROYME para muelles de acero según normativa ISO. Catálogo de muelles FIBRO GmbH – Muelles de gas CX Compact Xtreme

De esta forma, la relación entre la fuerza de extracción que necesitamos, y la que podemos obtener será:

$$R = \frac{F_{ext \text{ troquel}}}{F_{ext \text{ necesaria}}} = \frac{85152 \text{ N}}{76716,11 \text{ N}} = 1,11$$

Por lo tanto, podemos asegurar que empleando los componentes arriba mencionados cumplimos con la fuerza de extracción mínima que deberá tener nuestro troquel.

8. Mantenimiento en troqueles:

Uno de los aspectos más importantes en lo referente a la vida útil de nuestro troquel es el mantenimiento que se realice sobre este. Un mantenimiento correcto asegurará no solo una mayor vida útil del troquel, sino que, además, disminuirá el número de paradas en la producción y por consiguiente las pérdidas económicas. No llevar a cabo labores de mantenimiento sobre el troquel dará lugar a una menor vida útil de aquellos elementos que estén sometidos a desgaste, y además pondrá en riesgo la calidad de la pieza que queramos fabricar.

Algunas buenas prácticas de carácter general que afectan al mantenimiento de los troqueles son:

- 1.- En caso de avería, se debe revisar toda la matriz, y no solo la parte afectada por el problema.
- 2.- Se deberán rectificar o cambiar los punzones de manera conjunta.
- 3.- Todos los punzones deberán estar a la misma cota de altura excepto en aquellos casos que fuese necesario por el propio diseño del troquel.
- 4.- Se debe comprobar que todos los resortes trabajan bajo las mismas condiciones (Diámetros, alturas, etc)
- 5.- Después de un parón prolongado por avería, se debe tener especial atención en la fabricación de las primeras piezas que se fabriquen tras dicha parada.

6.- Tener siempre recambios listos de aquellos elementos que sean críticos o que estén sometidos a un mayor desgaste.

7.- Siempre que se rectifique un elemento de corte, bien sea punzón o matriz, se debe rectificar también el otro.

8.- Un buen rectificado no debe requerir un rebaje mayor a 0.2mm.

Vamos a distinguir entre dos tipos de mantenimiento, mantenimiento preventivo, es decir, aquel que se realiza con la finalidad de prevenir fallos y paradas en el futuro, y mantenimiento de choque, es decir, aquel que se realiza de cara a reducir al mínimo los tiempos de parada de producción como consecuencia de una avería.

8.1 Mantenimiento preventivo:

Este tipo de mantenimiento tiene por objeto asegurar la capacidad del troquel de fabricar piezas de buena calidad independientemente de la antigüedad de este. Para ello es necesario realizar labores de mantenimiento previamente a que los elementos que estén sometidos a mayor desgaste se deterioren hasta el punto en el que se ponga en riesgo la calidad de las piezas que se fabrican.

Muchos de los puntos a tener en cuenta durante las labores de mantenimiento preventivo que se lleven a cabo estarán ligados de alguna manera a la experiencia que se tenga del troquel, es decir, cuando se tenga una idea aproximada de cuales son las frecuencias de afilado de los punzones, la vida útil de los resortes, etc. Pero de carácter general se pueden establecer las siguientes buenas prácticas:

1.- Comprobar el nivel de desgaste, o el juego existente entre los elementos móviles tales como casquillos, columnas guía, elevadores, extractores, etc.

2.- Comprobar el nivel de afilado, y la vida de las matrices.

3.- Comprobar las tolerancias entre punzones y matrices.

4.- Comprobar el estado de fatiga de los resortes.

5.- Comprobar que no existen pequeñas marcas sobre la superficie y que la zona de deslizamiento de la banda se encuentra limpia y sin restos metálicos.

8.1 Mantenimiento de choque:

Entendemos por mantenimiento de choque aquel que se lleva a cabo de cara a reducir al mínimo posible los tiempos de parada de producción como consecuencia de averías. Si bien el mantenimiento preventivo debe llevarse a cabo de manera exhaustiva y examinando la matriz de forma íntegra, el mantenimiento de choque se llevará a cabo únicamente sobre el elemento causante de la avería para evitar alargar el tiempo de parada.

Uno de los aspectos más importantes para poder realizar un rápido y eficiente mantenimiento de choque es el propio diseño de la matriz, pues matrices con diseños de fácil accesibilidad, y con recambios siempre a mano de los elementos sometidos a mayor desgaste, serán siempre más fáciles de reparar que aquellas que posean diseños complejos que no permitan un fácil acceso al área de trabajo del operario.

De cara a tener una trazabilidad de las averías surgidas en un troquel, se recomienda el uso de fichas de mantenimiento, sobre las cuales el operario deberá anotar la clase de operación que ha llevado a cabo, la fecha, y el elemento averiado. De esta forma en caso de observar cierta tendencia en un determinado tipo de fallo este podrá ser incluido en las operaciones de mantenimiento preventivo y así evitar futuras paradas por dicha avería.

9. Defectos en procesos de corte:

De cara a comprender los distintos tipos de defectos que pueden aparecer durante los procesos de punzonado es necesario entender los acontecimientos que tienen lugar durante el punzonado de la chapa en un proceso de corte.

El proceso de corte tiene lugar cuando la fuerza de compresión aplicada sobre el punzón obliga a este a penetrar en la chapa, partiendo de una deformación elastoplástica que

posteriormente da lugar a fisuras como consecuencia de las fuerzas de cizallamiento, estas fisuras son de rápida propagación y finalizan dando lugar al corte total de la sección de la chapa. Es decir, se distinguen mayormente tres acontecimientos, deformación, penetración y fractura.

A continuación, vamos a ver los principales defectos que se presentan durante los procesos de corte.

9.1 Tolerancias inadecuadas:

Para asegurar el correcto acabado de las piezas que se fabrican mediante procesos de corte, es necesario que los elementos de corte, tanto punzón, como matriz, se encuentren siempre en buen estado y con las labores de mantenimiento asociadas, llevadas a cabo, pero además otro aspecto a tener en cuenta es el juego entre la matriz, y el punzón.

De forma general, el juego entre el punzón y la matriz, estará siempre asociado tanto a la resistencia de la chapa como al espesor de esta, de tal manera que para cortar una chapa cuyo espesor sea de 3.5mm se emplearán tolerancias mayores a las que se emplearían para cortar una chapa de 1.5mm, siempre y cuando las características mecánicas fuesen las mismas. De igual manera, la tolerancia de corte será mayor para cortar una chapa de acero, que para cortar una chapa de aluminio.

Siempre que se empleen las tolerancias de corte adecuadas la geometría de corte presenta un determinado perfil en el cual se distinguen de manera general un pequeño radio en la zona superior, el cual depende en gran medida de las características mecánicas de la chapa, así como el espesor de esta, y del afilado del punzón, una franja recta y lisa con un acabado pulido cuya altura es de $\frac{1}{3}$ el espesor de la chapa, y por último la franja correspondiente al material arrancado, la cual forma un ángulo que puede variar.

A continuación, se muestra un esquema del acabado que se obtendría al emplear un juego adecuado durante el proceso de corte:

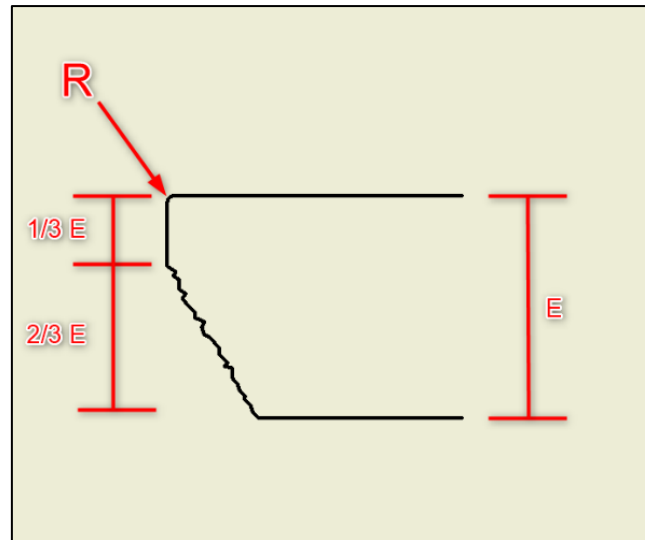


Figura 36. Esquema del perfil de corte realizado con tolerancias adecuadas.

Una tolerancia entre el punzón y la matriz insuficiente supone un proceso con muy poca deformación plástica, lo que dará lugar al desgarro de la chapa, y por lo tanto una superficie irregular en la zona de corte, tal y como se muestra en la siguiente imagen:

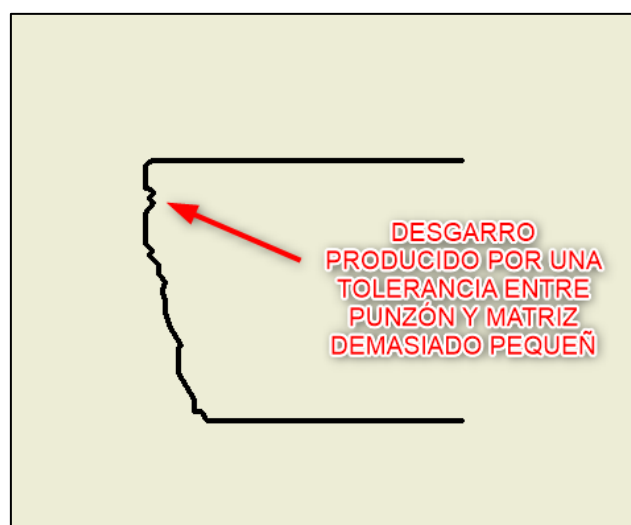


Figura 37. Esquema de corte realizado con un juego de tolerancias excesivamente pequeño.

Una tolerancia entre el punzón y la matriz excesiva supone el caso opuesto a lo mencionado anteriormente, es decir, será un proceso con excesiva deformación plástica, el cual dará lugar a rebabas que suponen imperfecciones en el acabado superficial de la pieza y un riesgo durante la manipulación de estas, pues pueden ocasionar cortes en la piel si dichas piezas se manipulan sin guantes de seguridad. A continuación, se muestra un esquema del acabado obtenido en un proceso de corte con excesiva tolerancia entre el punzón y la matriz:

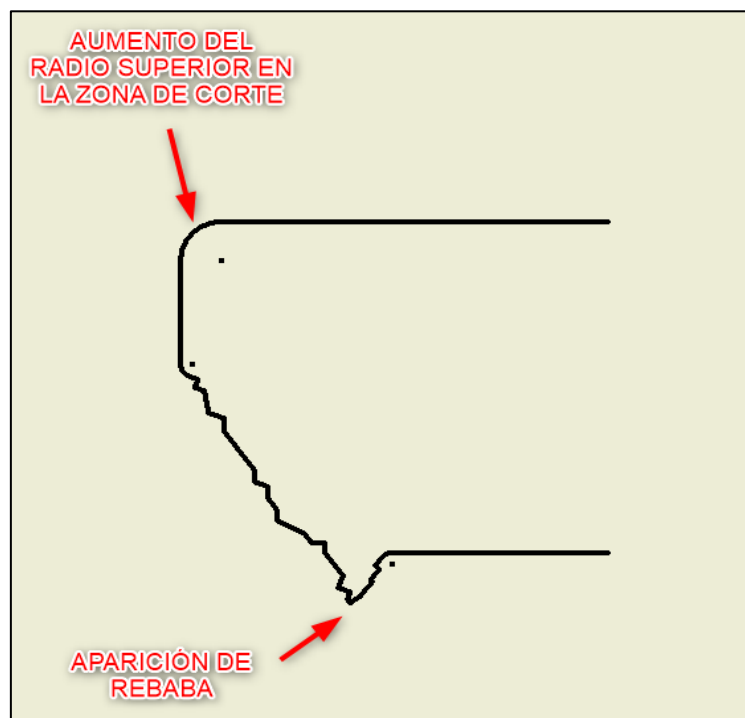


Figura 38. Esquema de corte realizado con un juego de tolerancias excesivamente grande.

9.2 Rebabas:

Las rebabas son protuberancias no deseadas que aparecen, por lo general, en el perímetro de corte de la pieza que queremos fabricar. Este tipo de defectos los podemos ver presentes de tres formas distintas.

Si la rebaba se encuentra en un solo punto del perímetro de corte, lo habitual es que se deba a algún tipo de defecto en el punzón o matriz. En algunos casos, si durante el proceso de corte se ha producido alguna microsoldadura, estas pueden dar lugar a desprendimientos de material a la larga causan este tipo de defectos.

Si la rebaba se distribuye a lo largo de una parte del perímetro, pero sin llegar a abarcarlo por completo, lo más probable es que haya un defecto de alineación entre el punzón y la matriz.

Por último, si la rebaba se encuentra presente en todo el perímetro de corte, estaríamos hablando de que un juego excesivo ocasionado por el desgaste de los elementos cortantes, por lo tanto, sería necesario el afilado de dichos componentes.

9.3 Marcas por retales:

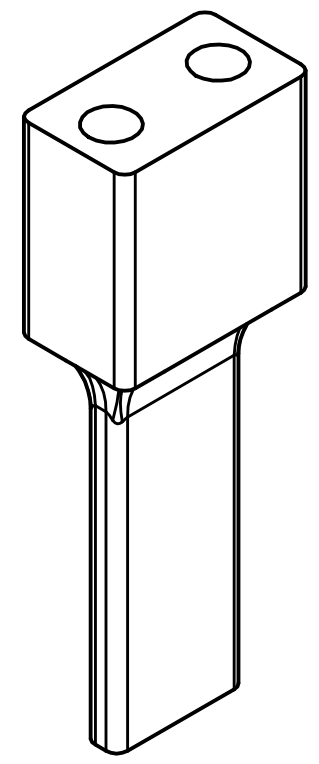
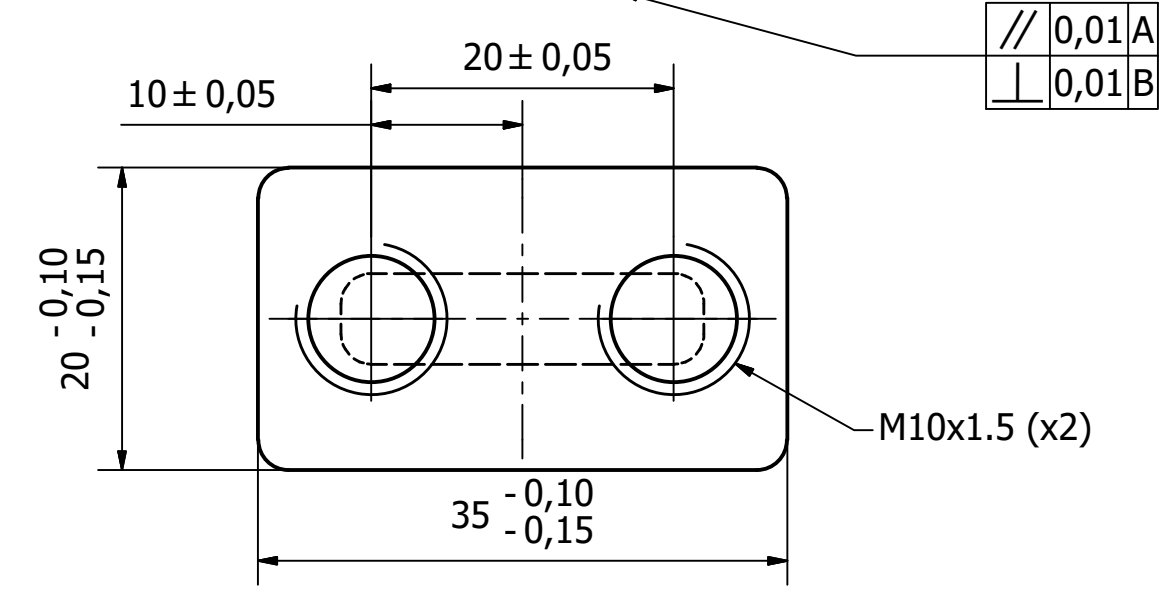
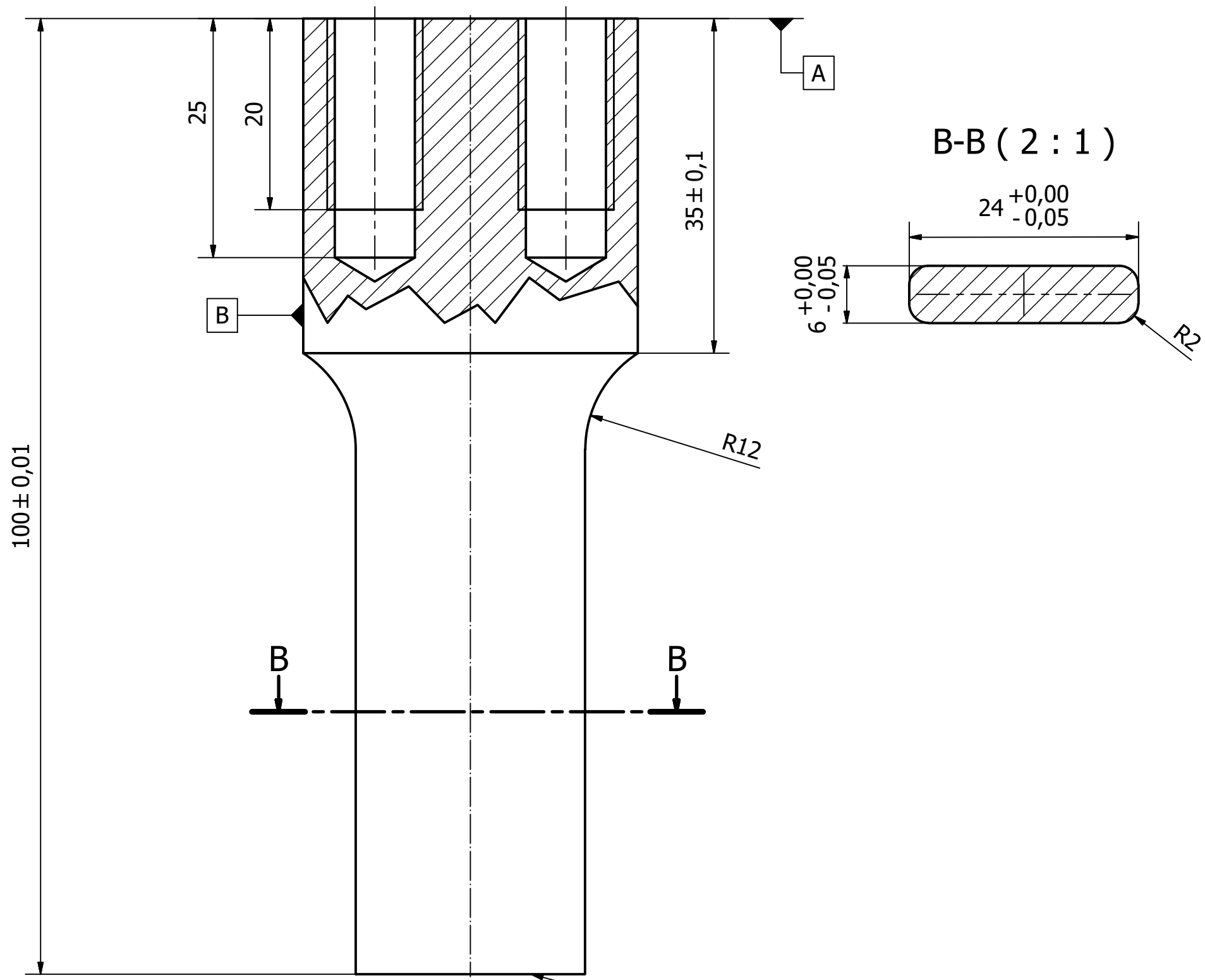
Cuando la evacuación de los retales no se produce de manera adecuada, existe el riesgo de que estos se sitúen en la parte superior de la banda. Cuando esto sucede, al producirse el siguiente ciclo de trabajo, existe el riesgo de que dicho retal sea comprimido contra la superficie de trabajo de la banda, dando lugar a imperfecciones en la superficie de esta. Se trata de un problema a considerar, pues en el peor de los casos, si el retal no se detecta a tiempo puede hacer que una larga tirada de piezas deba ser achatarrada como consecuencia de los defectos ocasionados por el retal.

Algunas de las labores recomendadas de cara a solucionar este problema son:

- 1.- Ensamblar extractores para los punzones.
- 2.- Rectificar la cara cortante de los punzones y las matrices.
- 3.- Estudiar si la tolerancia de corte es la apropiada, o si debe ser reducida.
- 4.- Aumentar el recorrido del punzón cuando este penetra en la matriz.

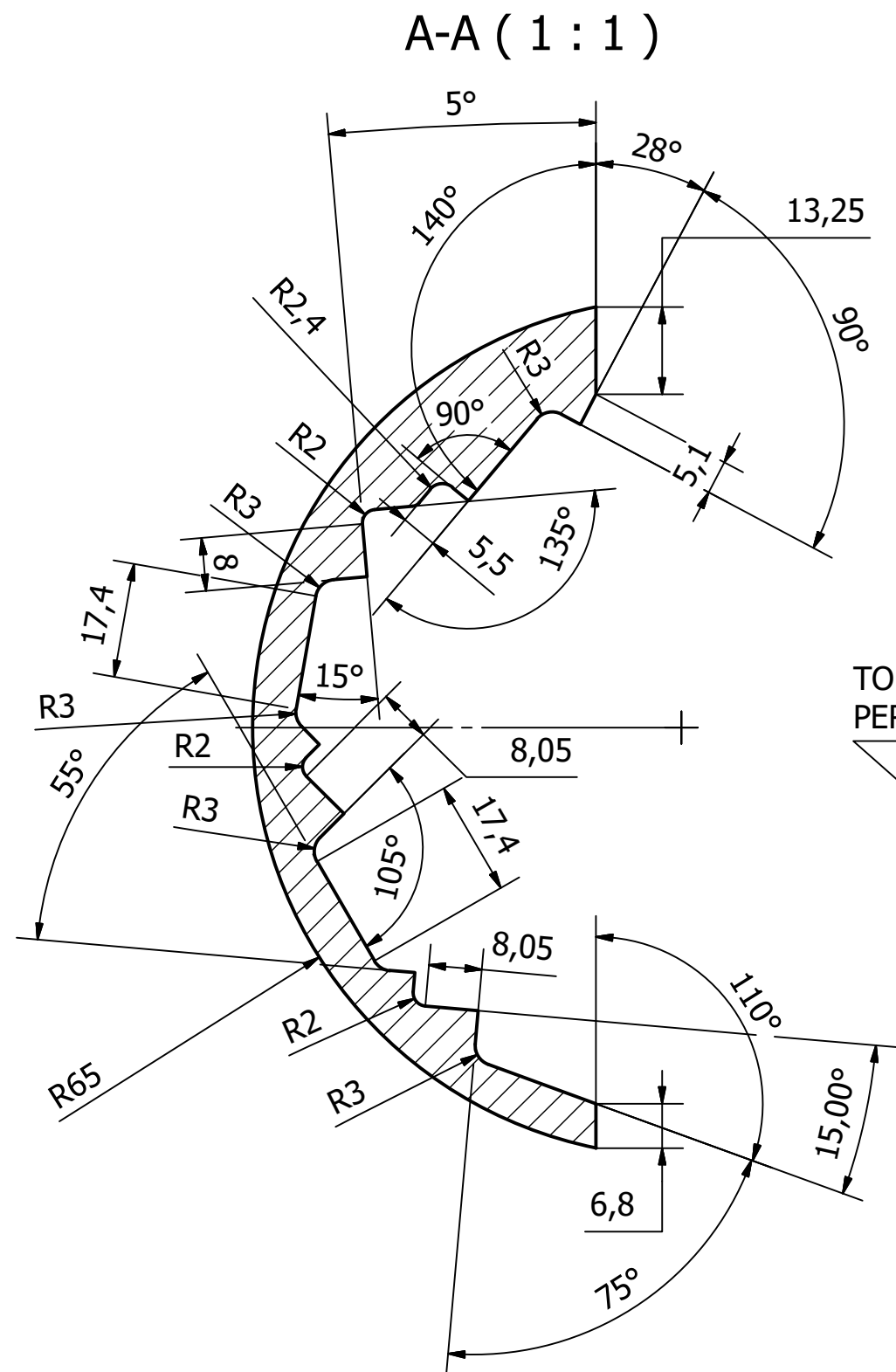
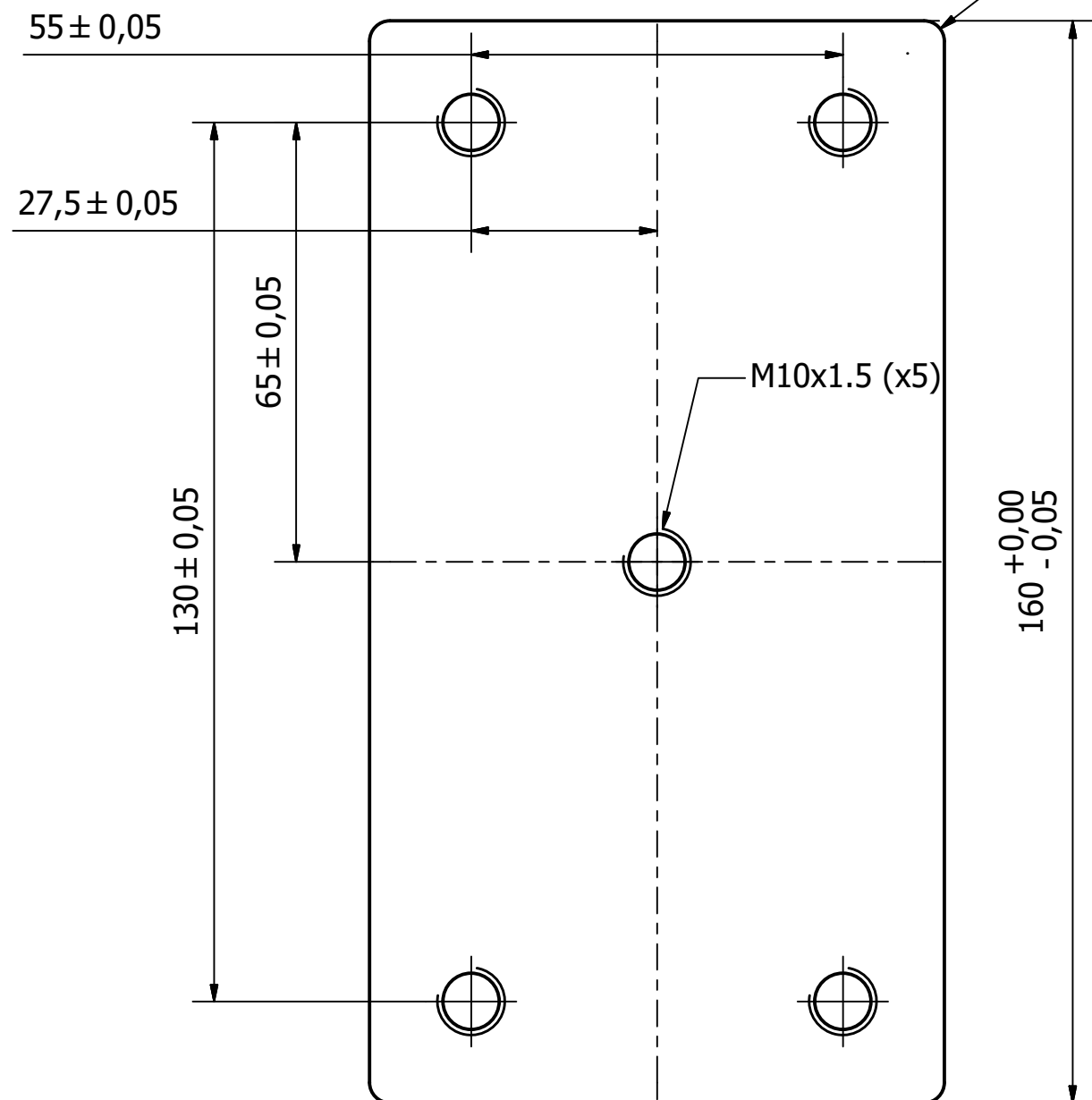
En algunos casos, el uso de lubricantes inadecuados también puede ser la causa raíz, por lo tanto, también es recomendable estudiar lubricantes alternativos en caso de que el problema no cese con las medidas expuestas anteriormente.

PLANOS

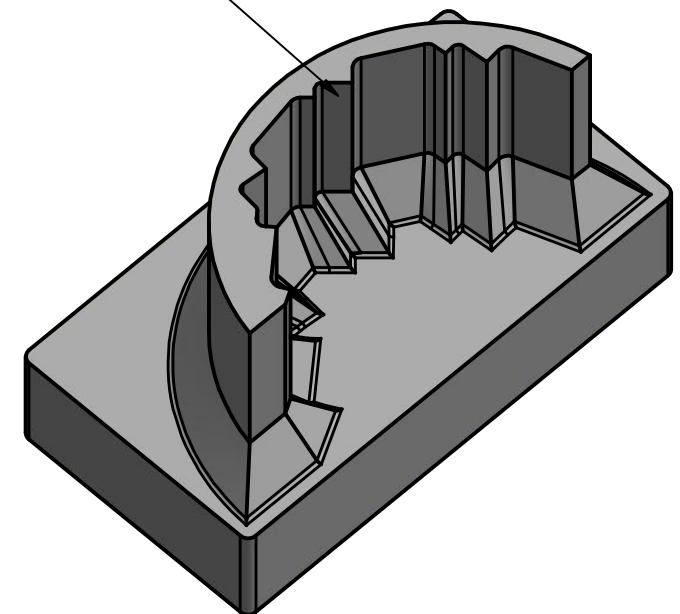


Escala 1:1

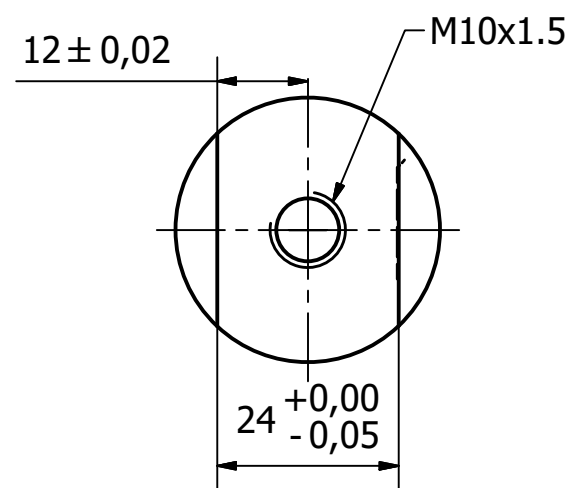
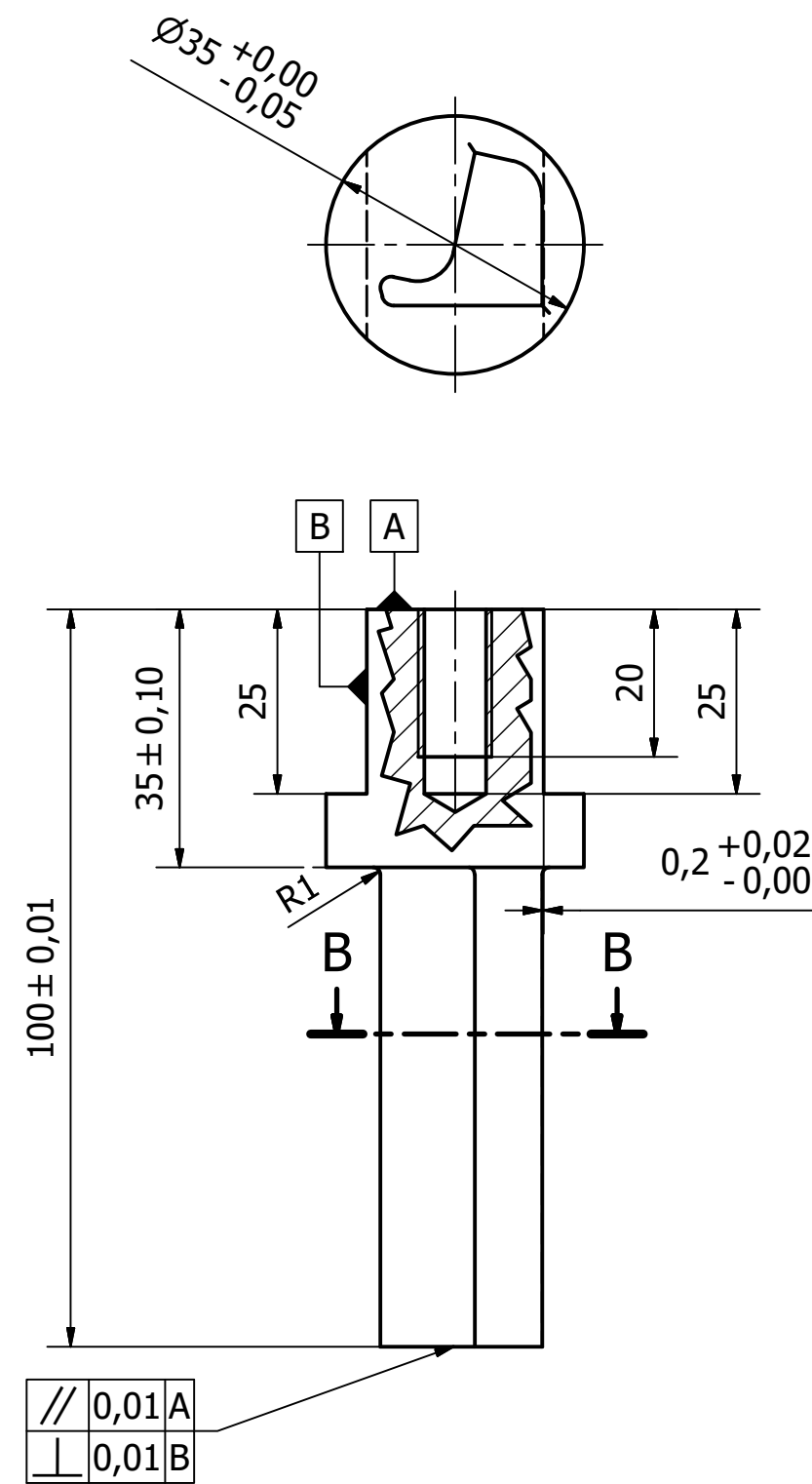
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica: C.Calderón	Tipo de documento: Pieza	Estado de documento: Aprobado			
	Creado por: C.Calderón	Título/Título suplementario: Punzón	Descripción: Punzón 02			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Aprobado por: C.Calderón		Rev. 00	Fecha 19/08/2019	Idioma Es	Hoja 1/1



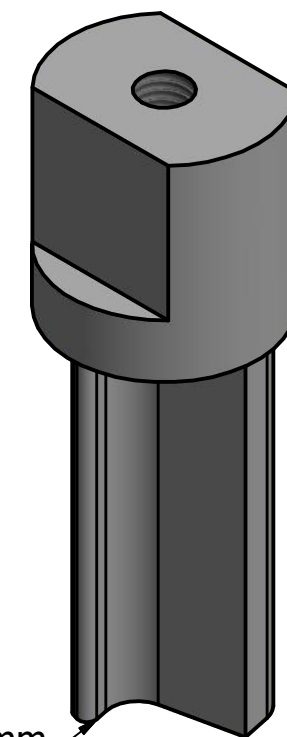
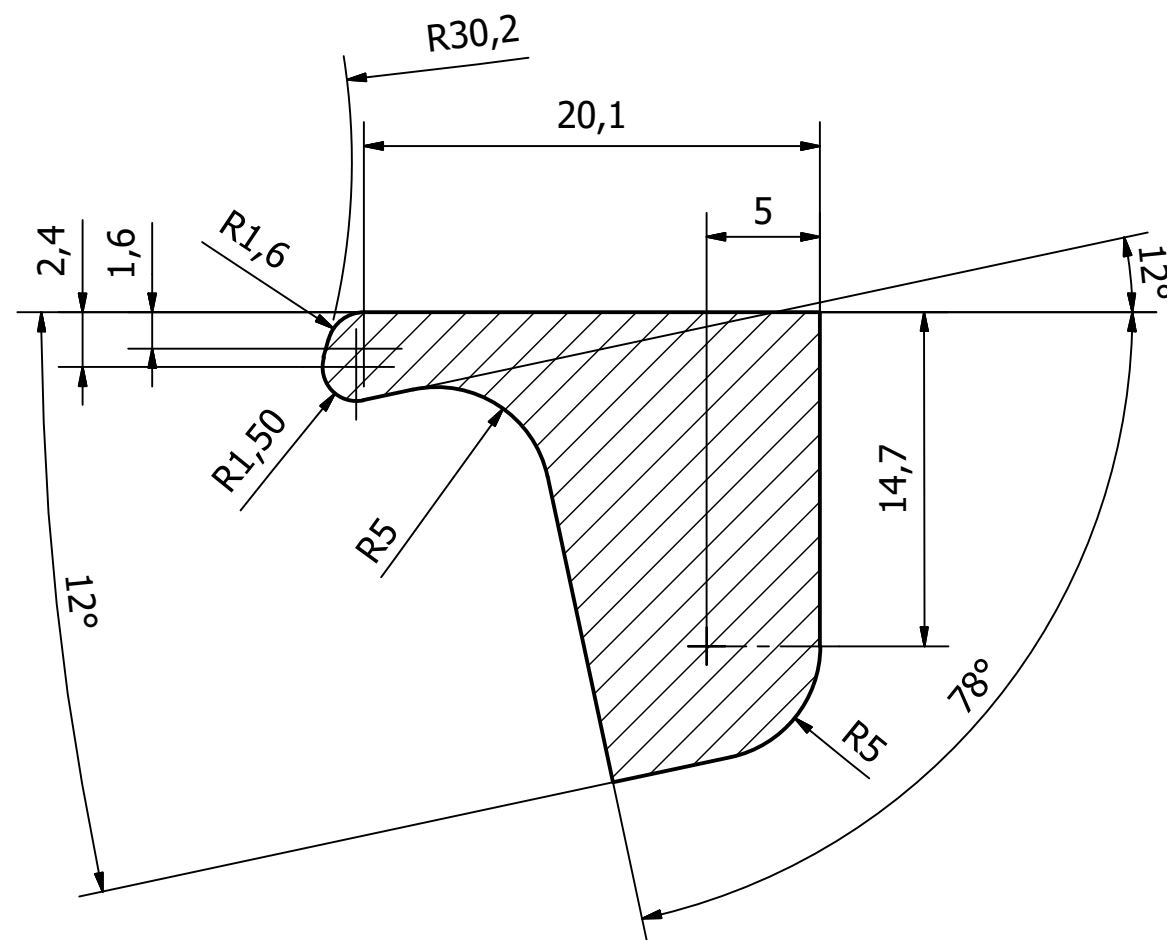
TOLERANCIA GENERAL PARA EL
PERFIL DE CORTE: -0.05mm



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica: C.Calderón	Tipo de documento: Pieza	Estado de documento: Aprobado			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Creado por: C.Calderón	Título/Título suplementario: Punzón	Nº de identificación: Punzón 03			
	Aprobado por: C.Calderón		Rev. 00	Fecha 18/08/2019	Idioma Es	Hoja 1/1

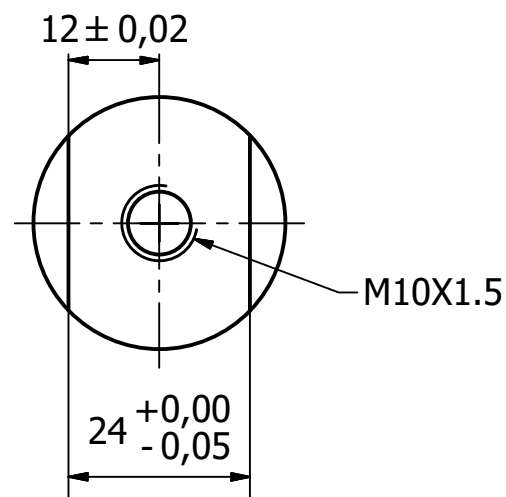
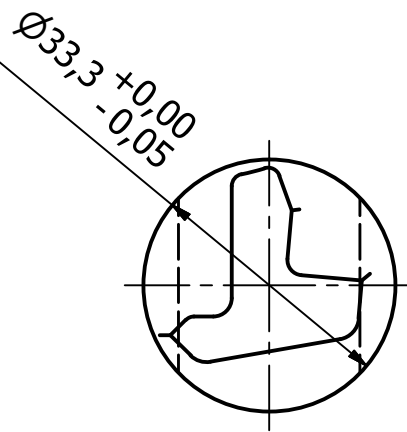
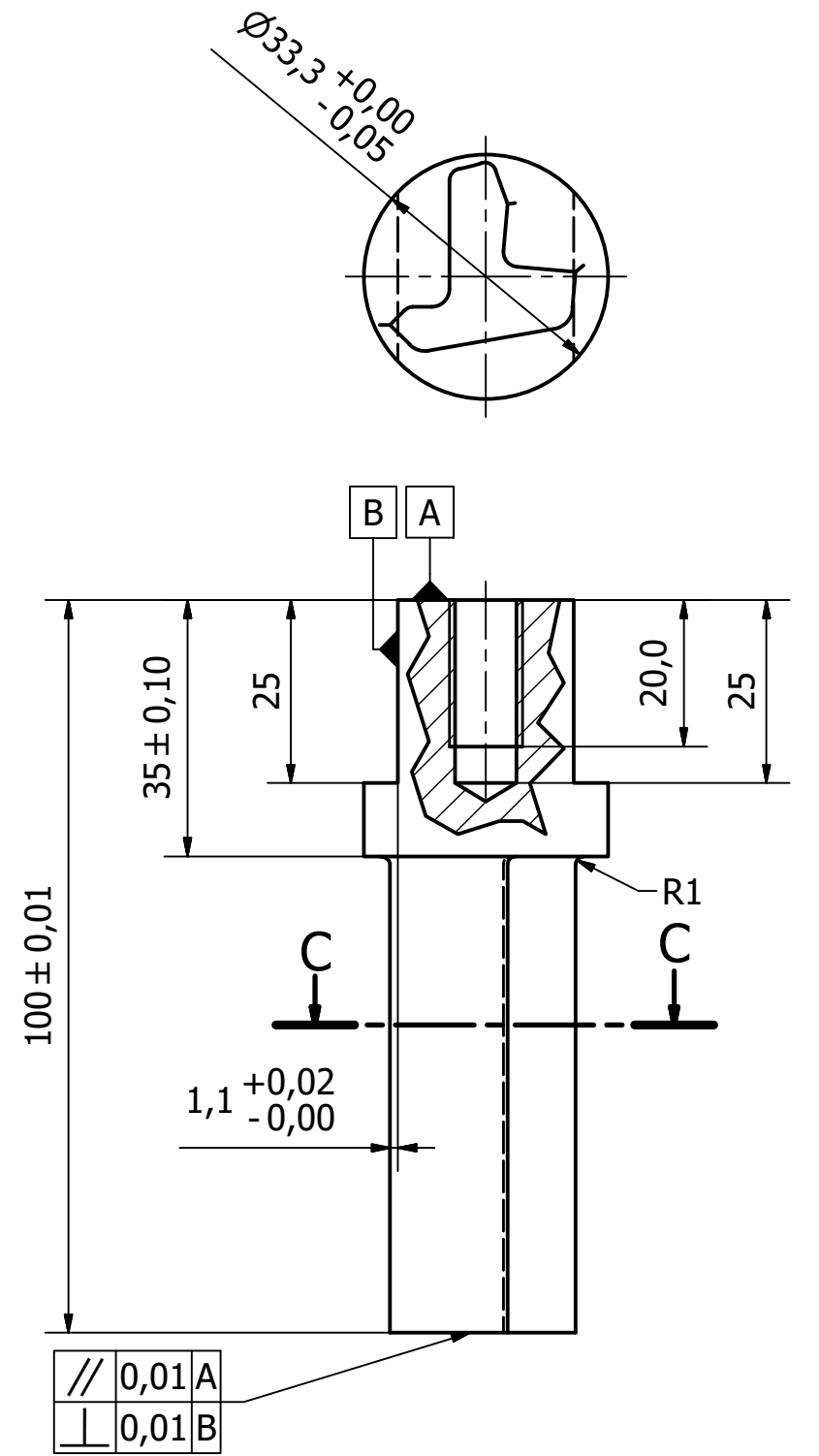


B-B (3 : 1)



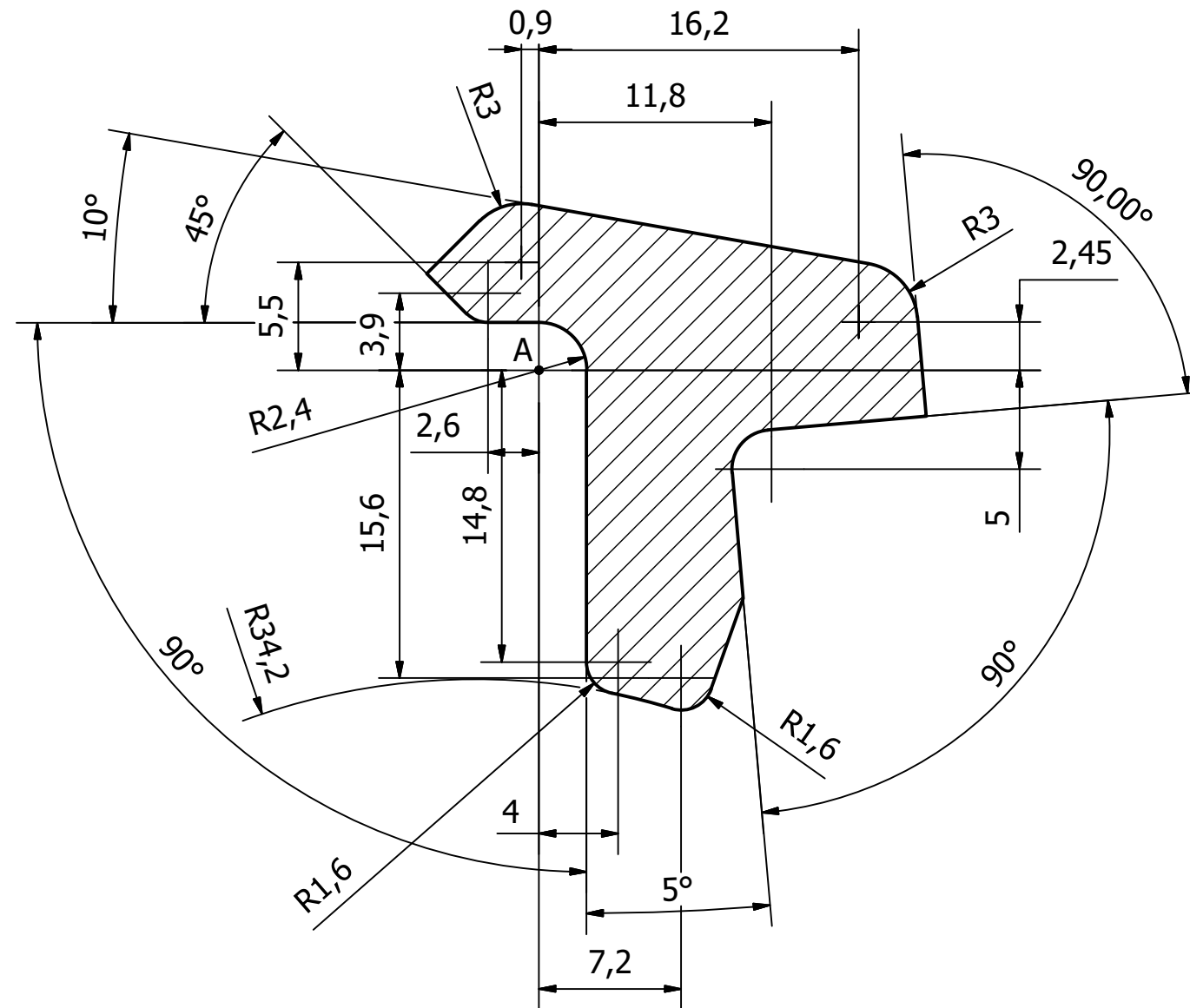
TOLERANCIA GENERAL PARA EL PERFIL DE CORTE: -0.05mm

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica: C.Calderón	Tipo de documento: Pieza	Estado de documento: Aprobado			
	Creado por: C.Calderón	Título/Título suplementario: Punzón	Nº de identificación: Punzón 04			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Aprobado por: C.Calderón		Rev. 00	Fecha 18/08/2019	Idioma Es	Hoja 1/1

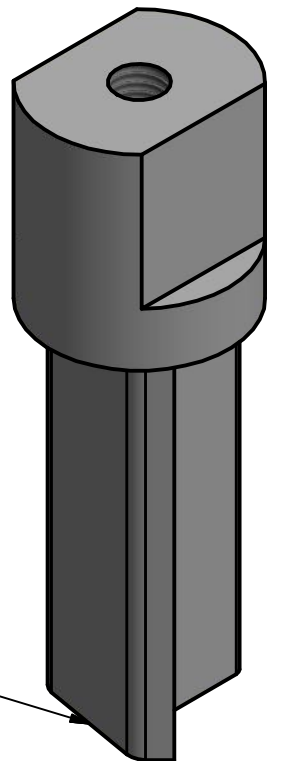


C-C (3 : 1)

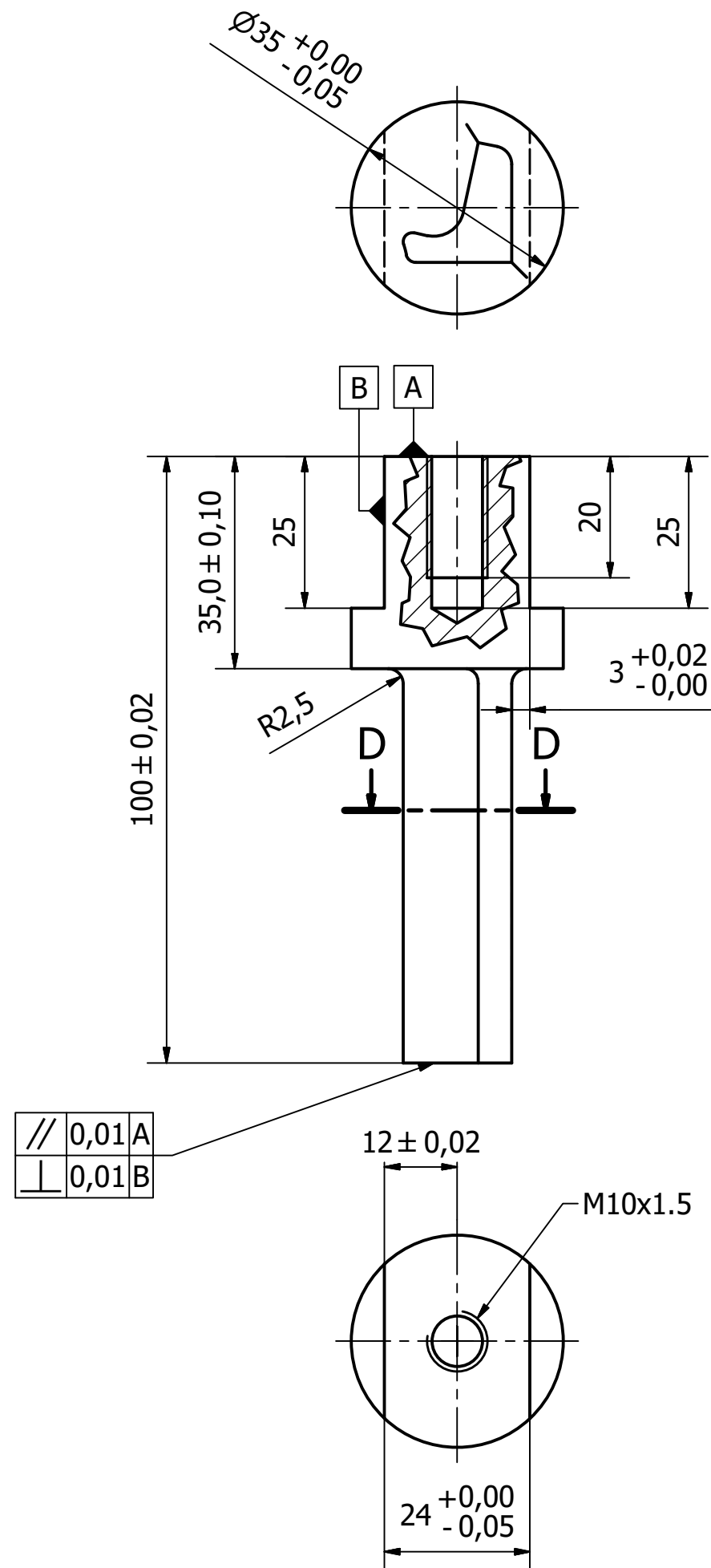
CONSIDERAR EL
PUNTO A COMO
REFERENCIA



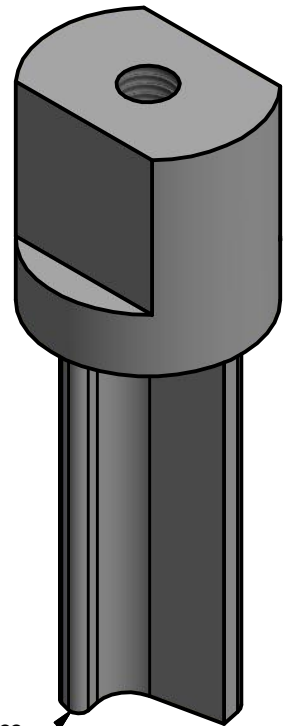
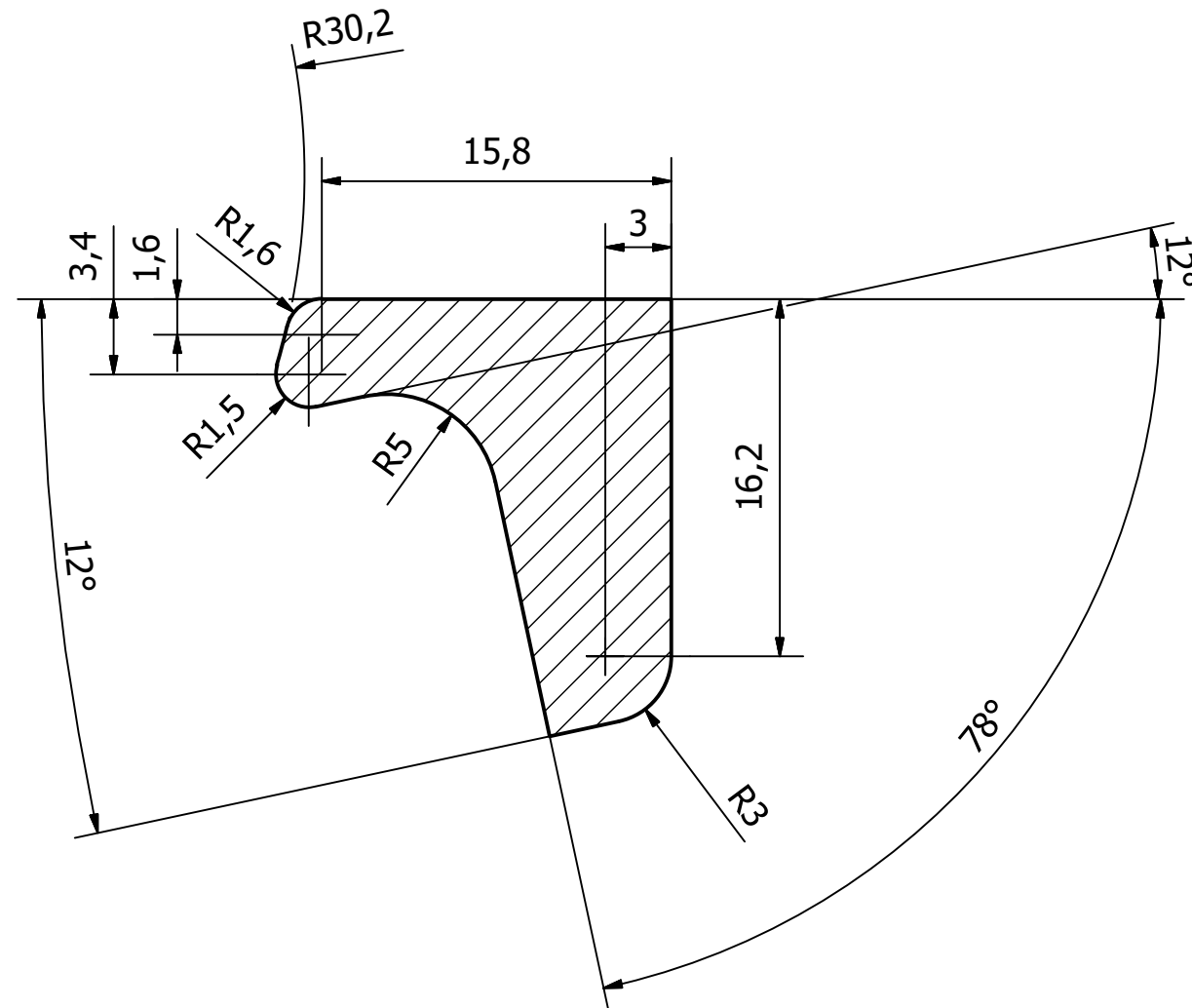
TOLERANCIA GENERAL PARA EL PERFIL DE CORTE: -0.05mm



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica: C.Calderón	Tipo de documento: Pieza	Estado de documento: Aprobado			
	Creado por: C.Calderón	Título/Título suplementario: Punzón	Nº de identificación: Punzón 05			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Aprobado por: C.Calderón		Rev. 00	Fecha 19/08/2019	Idioma Es	Hoja 1/1

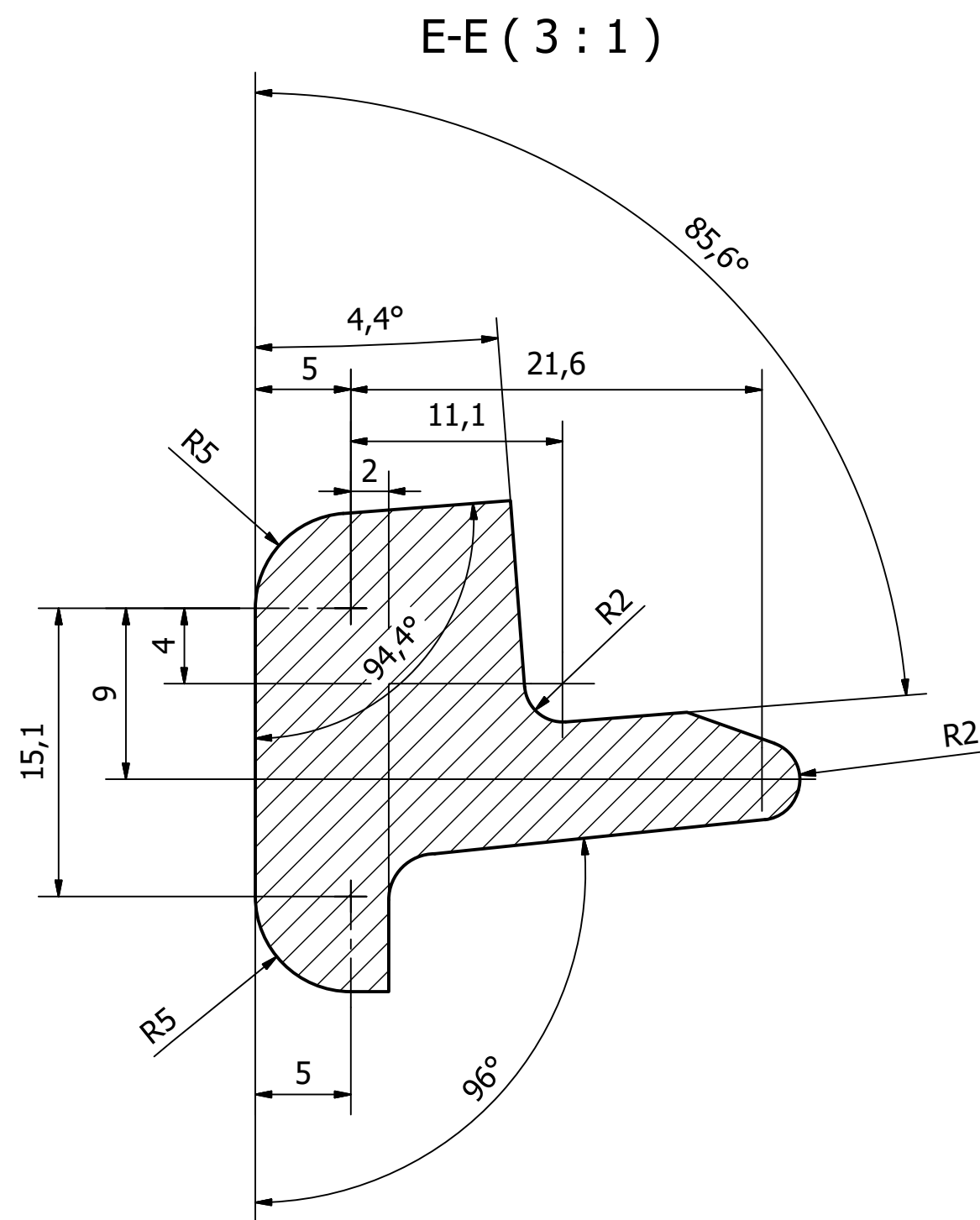
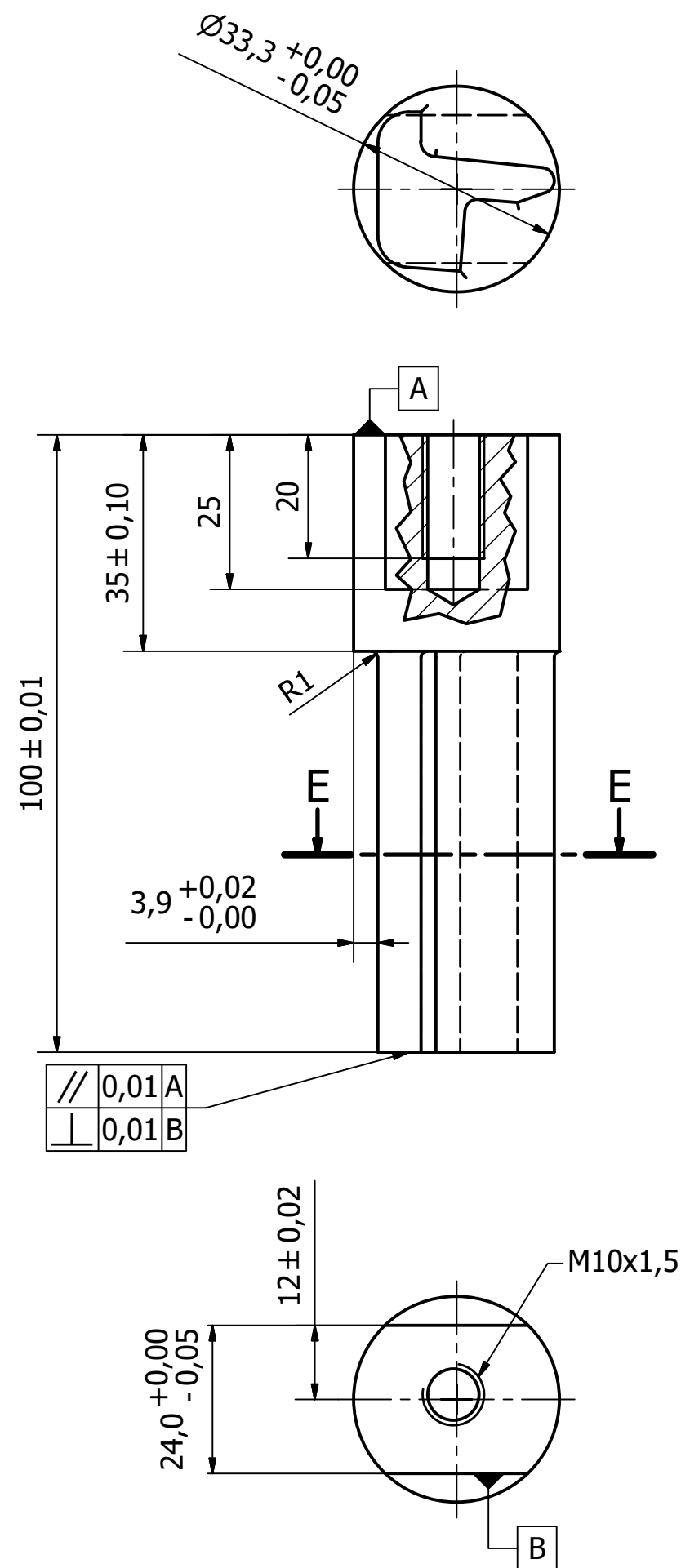


D-D (3 : 1)

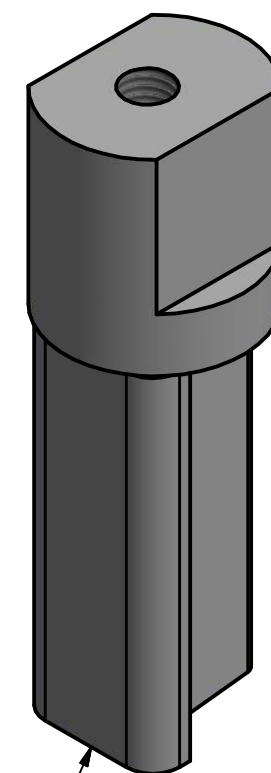


TOLERANCIA GENERAL PARA EL PERFIL DE CORTE: $-0,05\text{mm}$

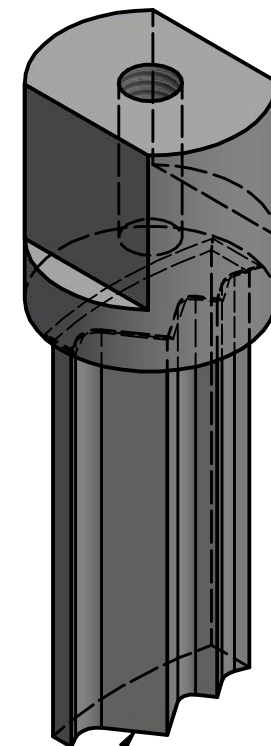
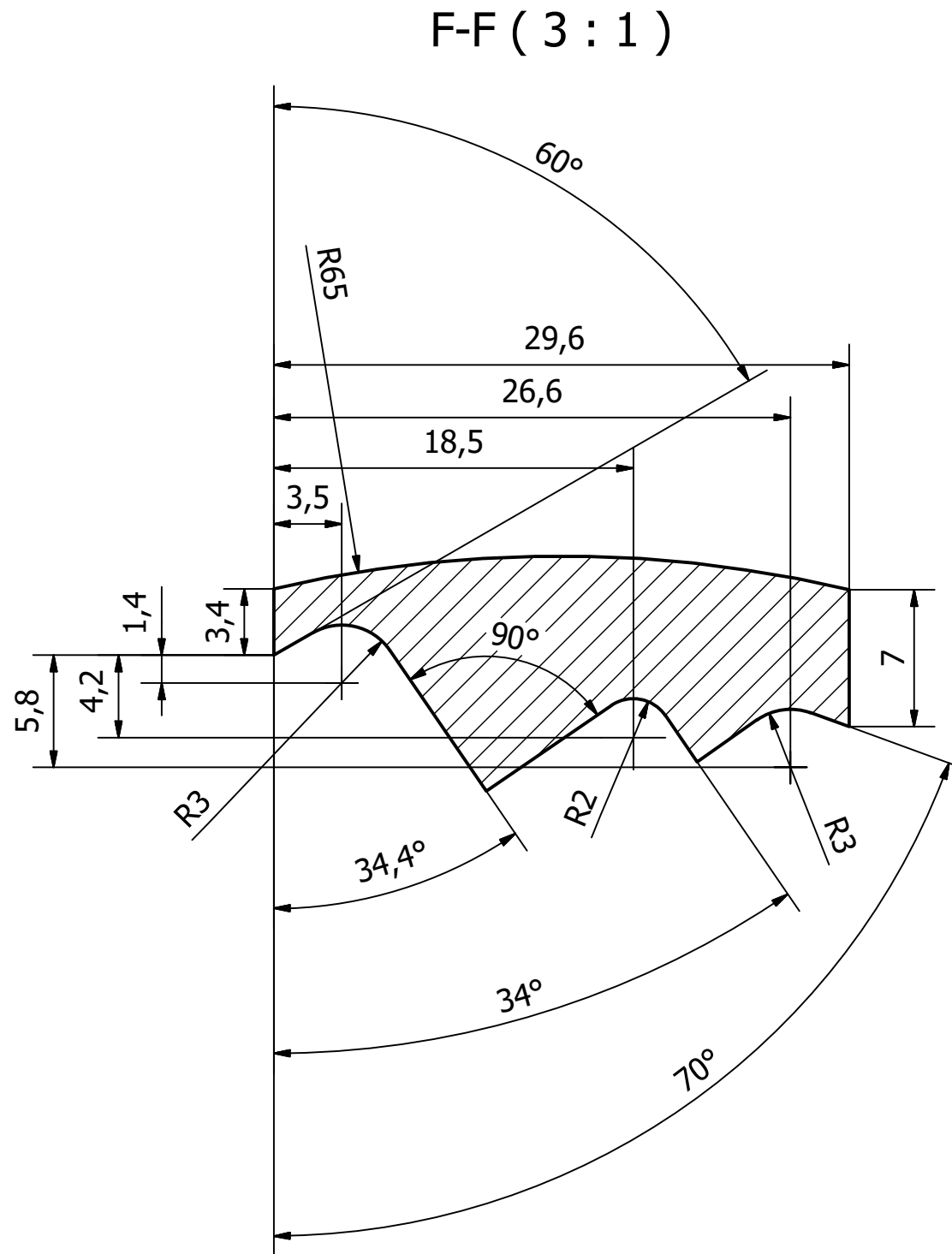
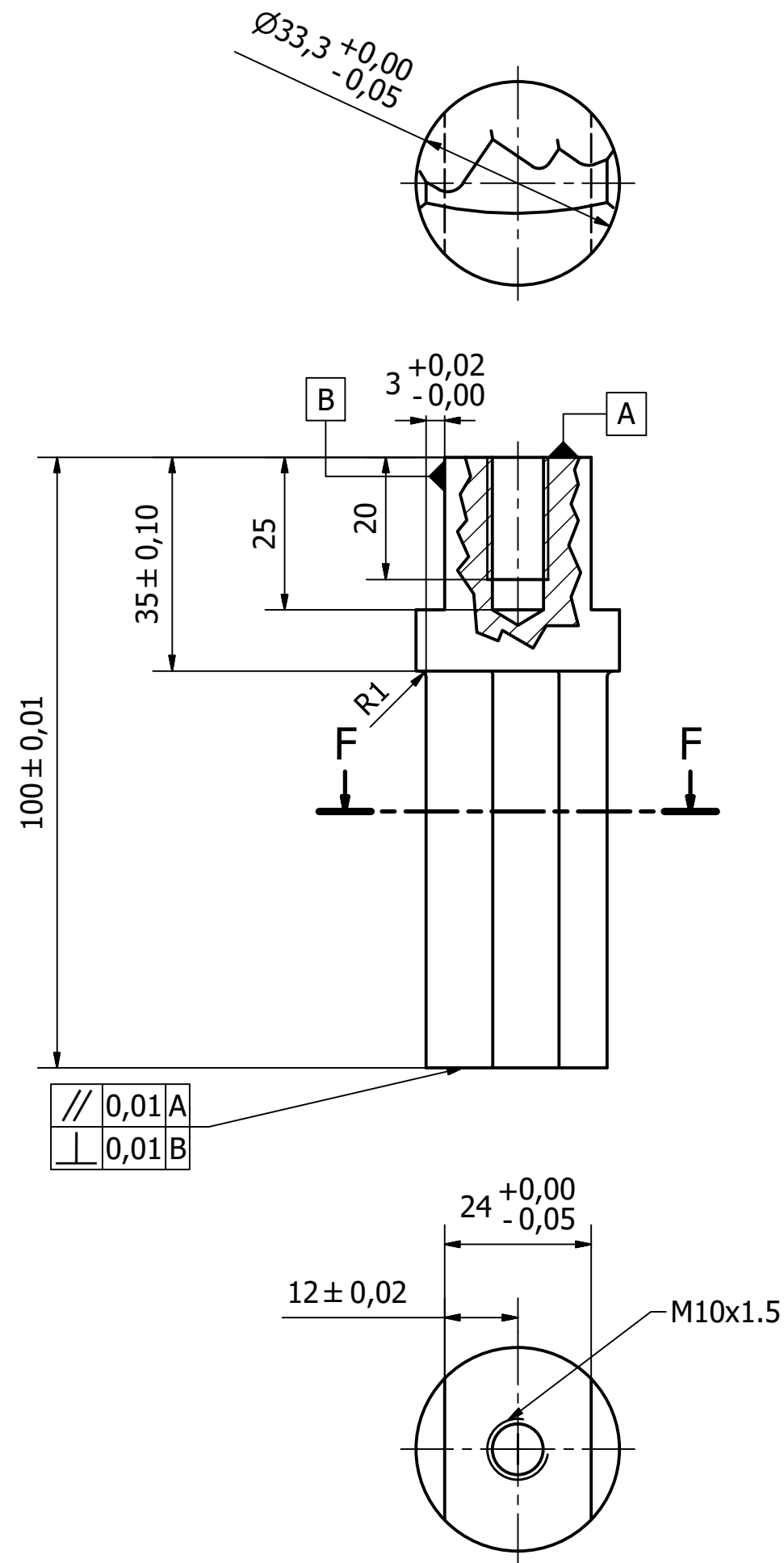
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica:	Pieza	Estado de documento:			
	C.Calderón		Aprobado			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Creado por:	Punzón	Nº de identificación:			
	C.Calderón		Punzón 06			
	Aprobado por:		Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
	C.Calderón		00	19/08/2019	Es	1/1



TOLERANCIA GENERAL PARA EL PERFIL DE CORTE: -0.05mm

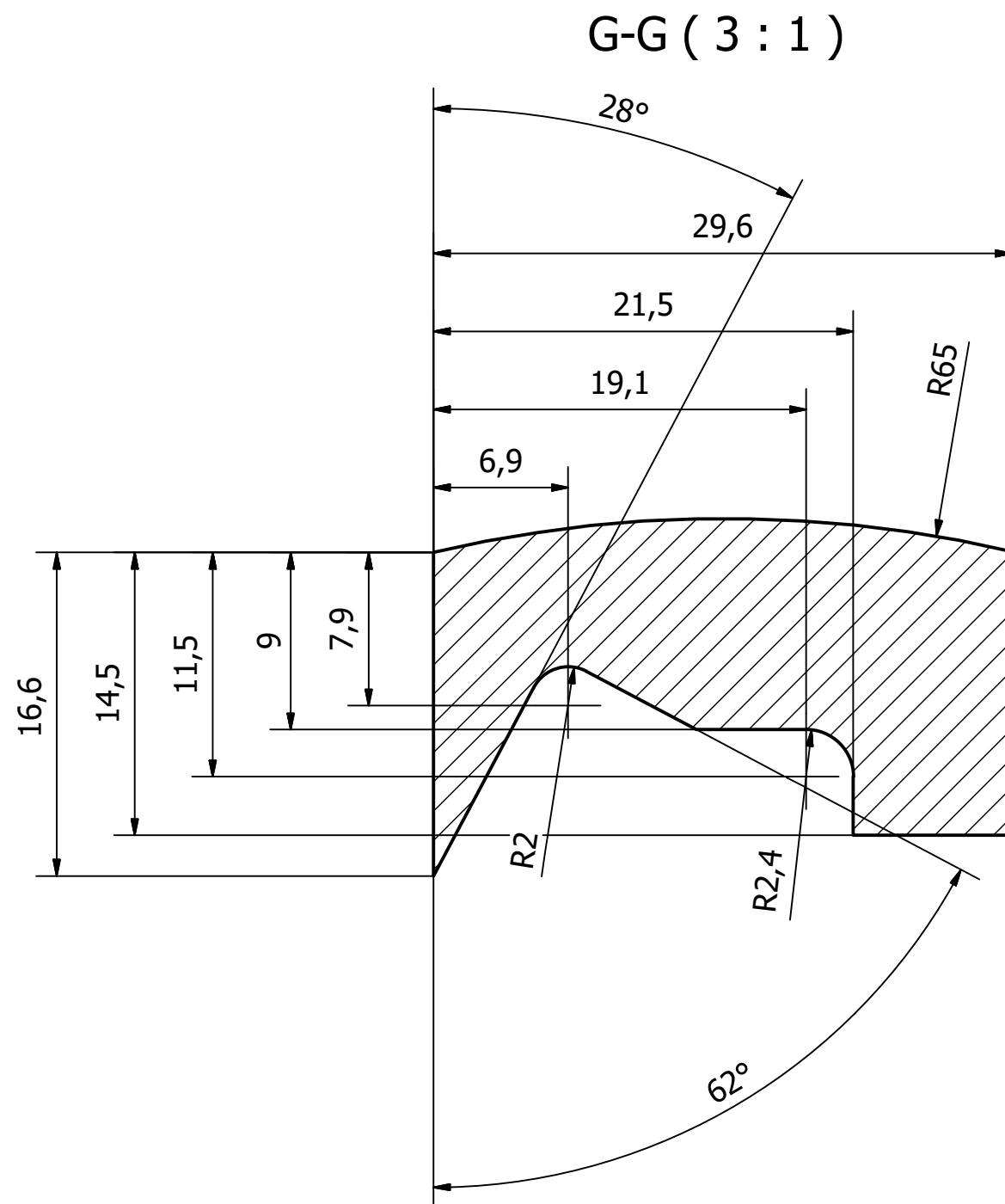
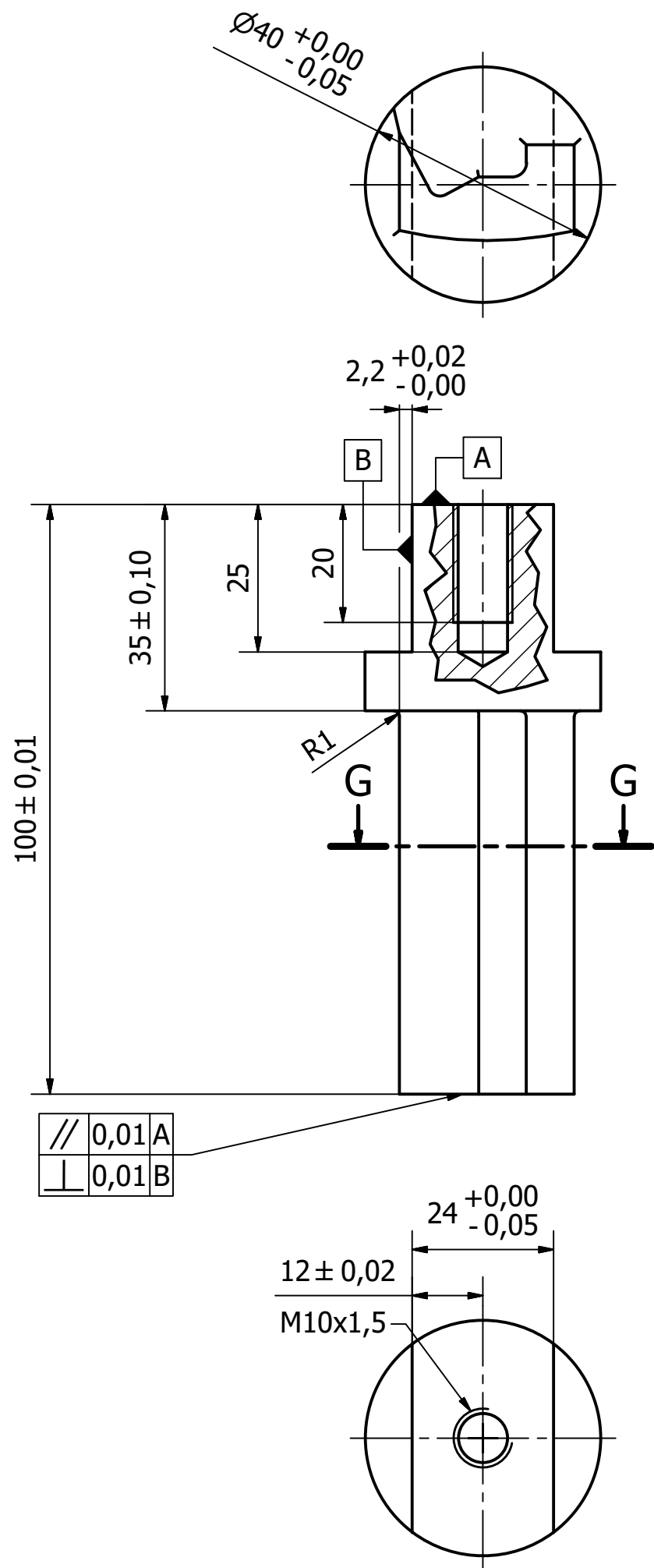


UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica:	Tipo de documento:	Estado de documento:			
	C.Calderón	Pieza	Aprobado			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Creado por:	Título/Título suplementario:	Nº de identificación:			
	C.Calderón		Punzón 08			
	Aprobado por:	Punzón	Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
	C.Calderón		00	19/08/2019	Es	1/1

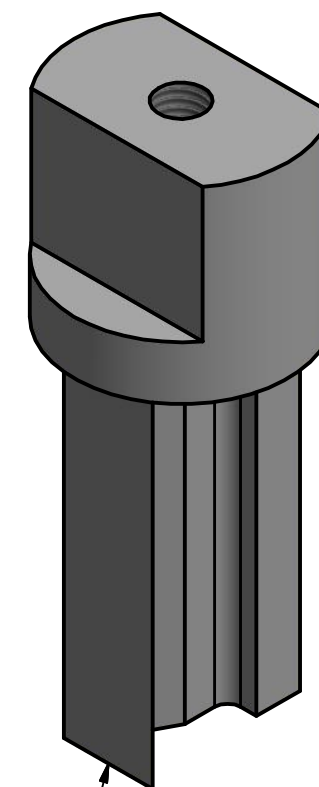


TOLERANCIA GENERAL PARA EL PERFIL DE CORTE: -0.05mm

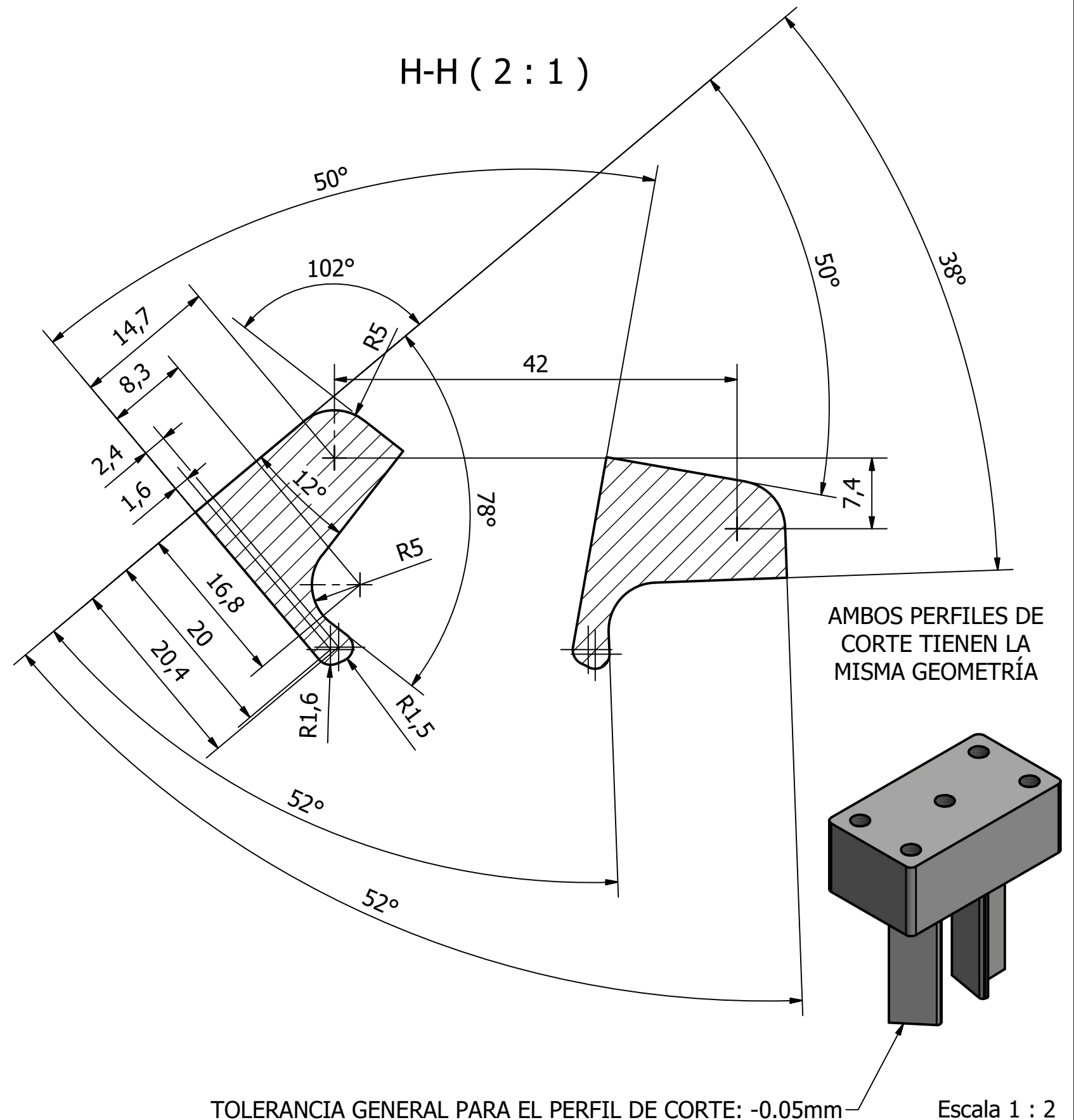
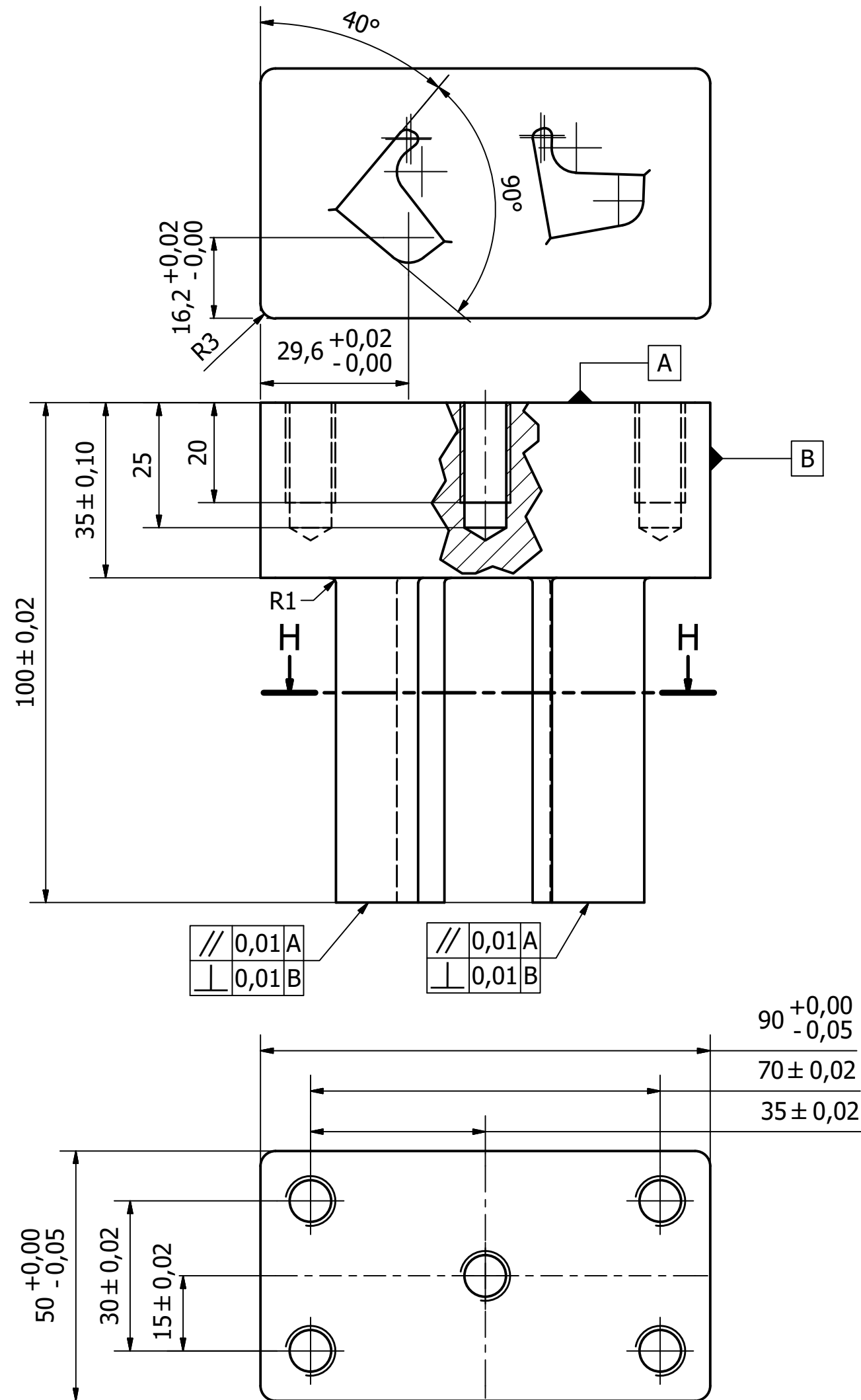
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica: C.Calderón	Tipo de documento: Pieza	Estado de documento: Aprobado			
	Creado por: C.Calderón	Título/Título suplementario: Punzón	Nº de identificación: Punzón 09			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Aprobado por: C.Calderón		Rev. 00	Fecha 19/08/2019	Idioma Es	Hoja 1/1



TOLERANCIA GENERAL PARA EL PERFIL DE CORTE: -0.05mm



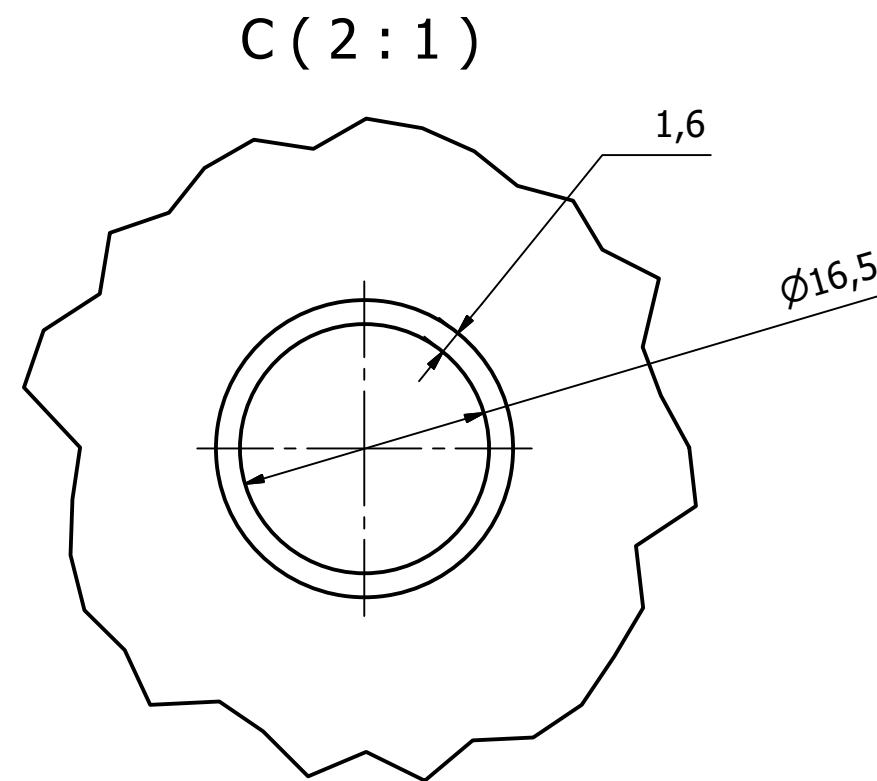
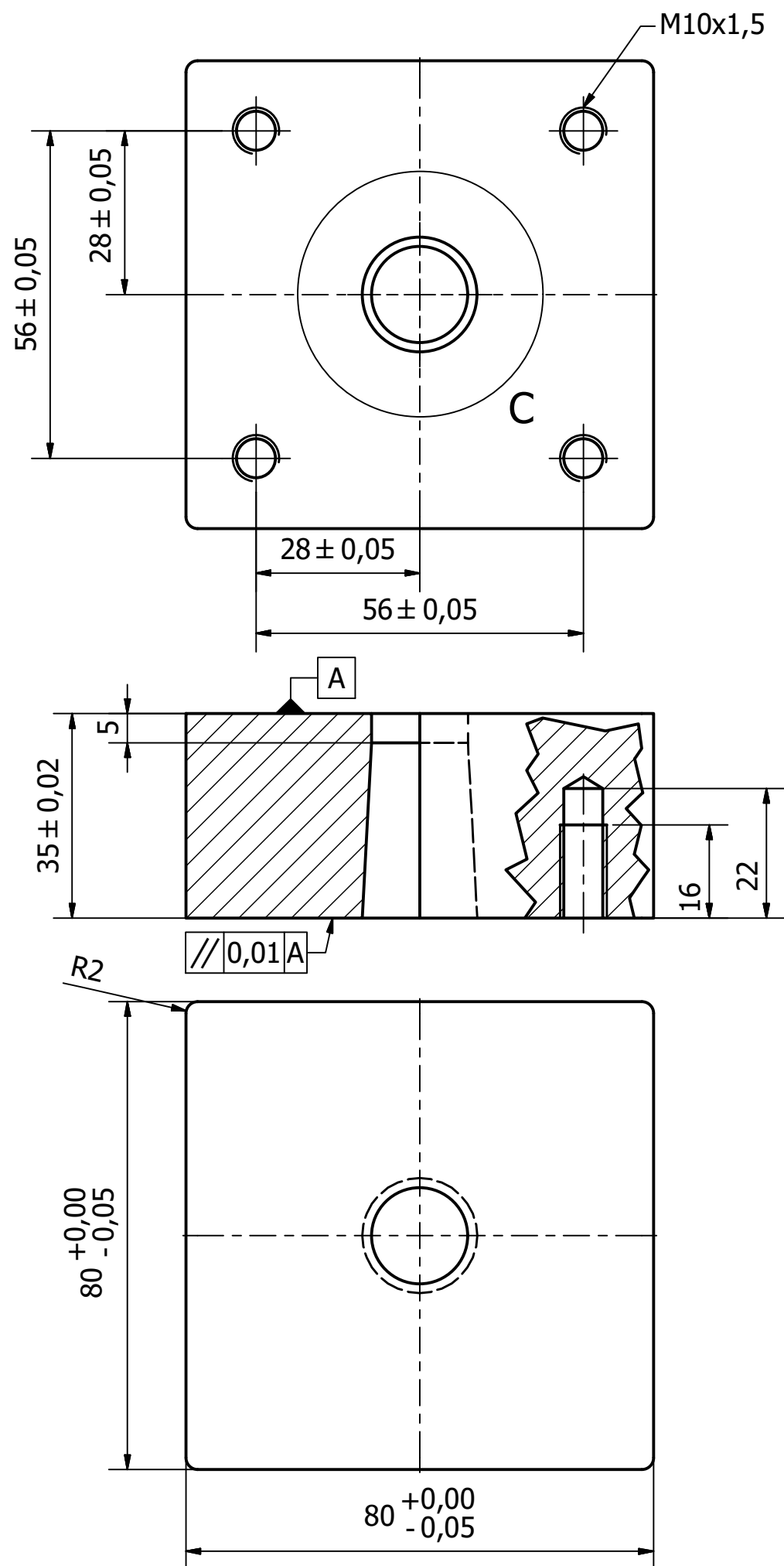
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica:	Tipo de documento:	Estado de documento:			
	C.Calderón	Pieza	Aprobado			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Creado por:	Título/Título suplementario:	N� de identificación:			
	C.Calderón	Punzón	Punzón 10			
	Aprobado por:		Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
	C.Calderón		00	19/08/2019	Es	1/1



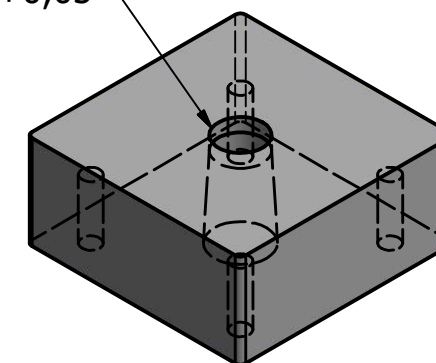
TOLERANCIA GENERAL PARA EL PERFIL DE CORTE: -0.05mm

Escala 1 : 2

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica:	Tipo de documento:	Estado de documento:			
	C.Calderón	Pieza	Aprobado			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Creado por:	Título/Título suplementario:	N� de identificación:			
	C.Calderón	Punzón	Punzón 11			
	Aprobado por:		Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
	C.Calderón		00	19/08/2019	Es	1/1

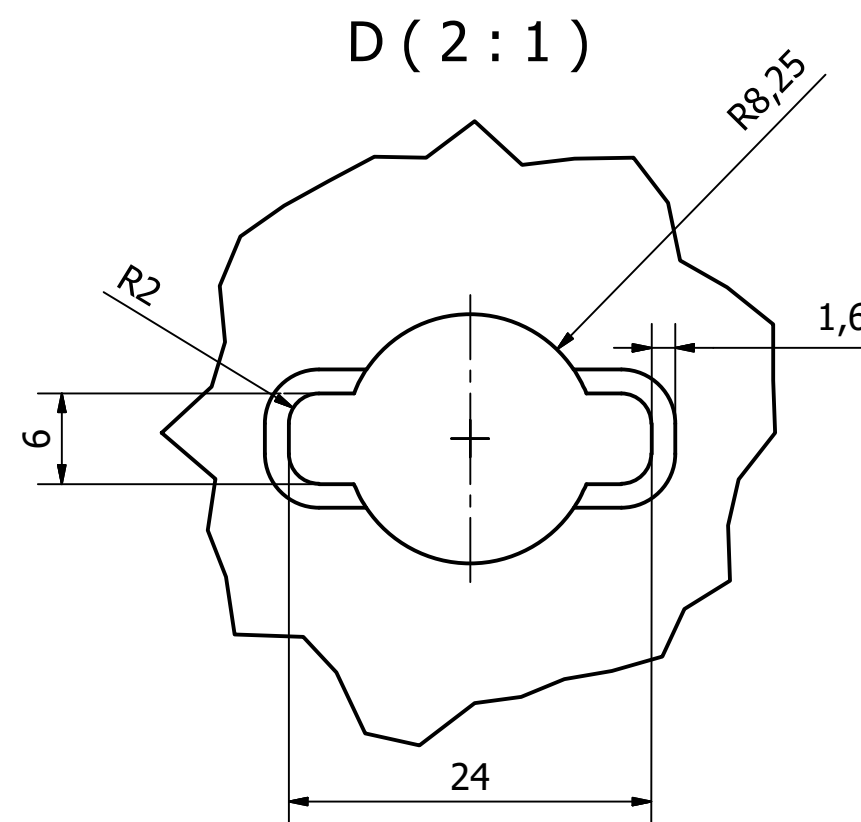
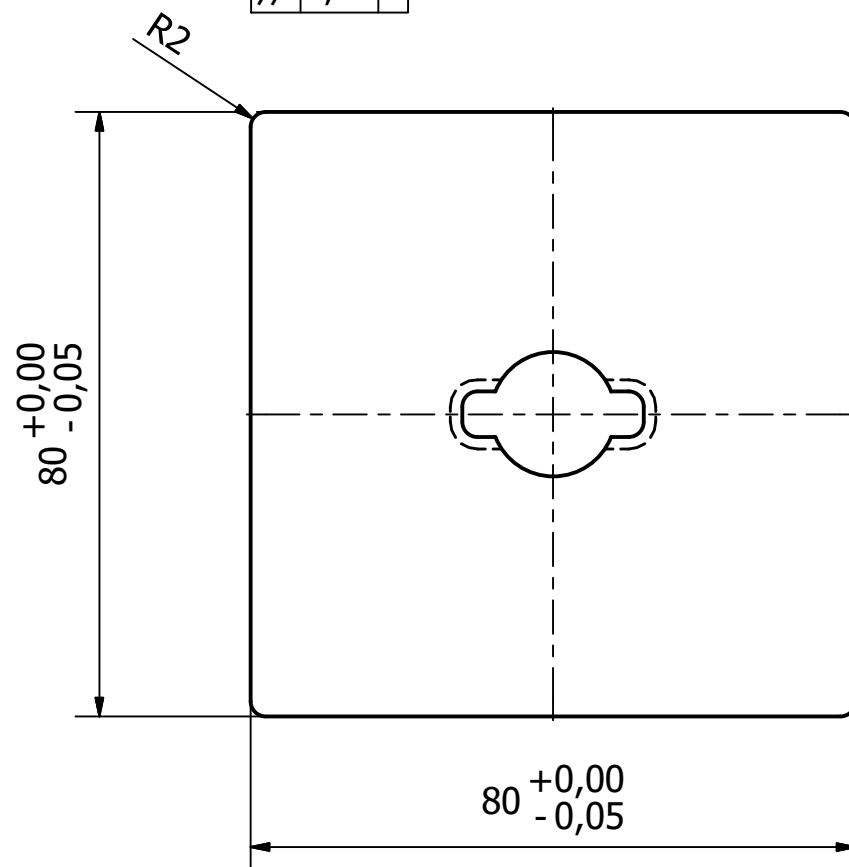
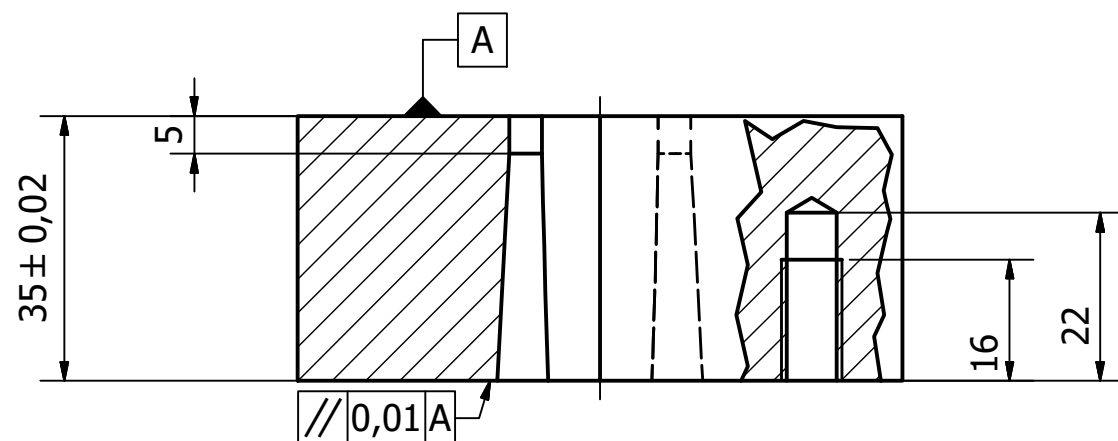
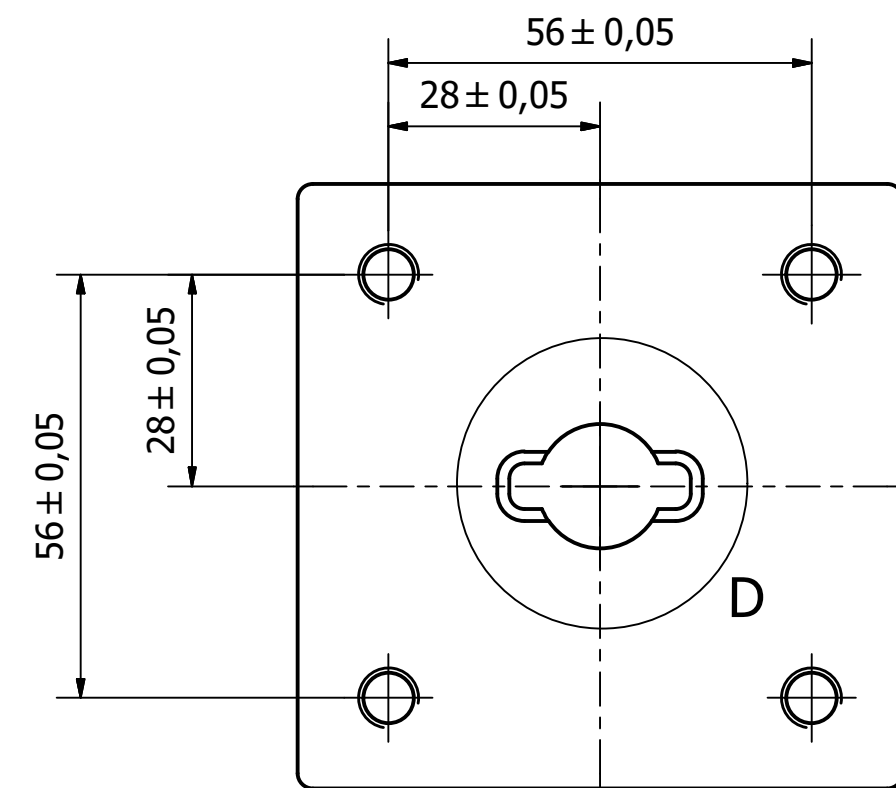


TOLERANCIA GENERAL PARA EL PERFIL DE CORTE: $+0,05$

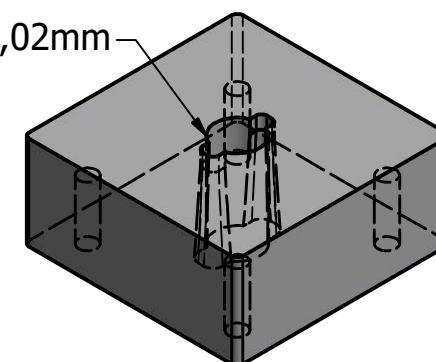


Escala 1 : 2

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica:	Pieza	Estado de documento:			
	C.Calderón		Pendiente de aprobación			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Creado por:	Matriz	Descripción:			
	C.Calderón		Matriz 01			
	Aprobado por:		Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
	C.Calderón		00	19/08/2019	Es	1/1



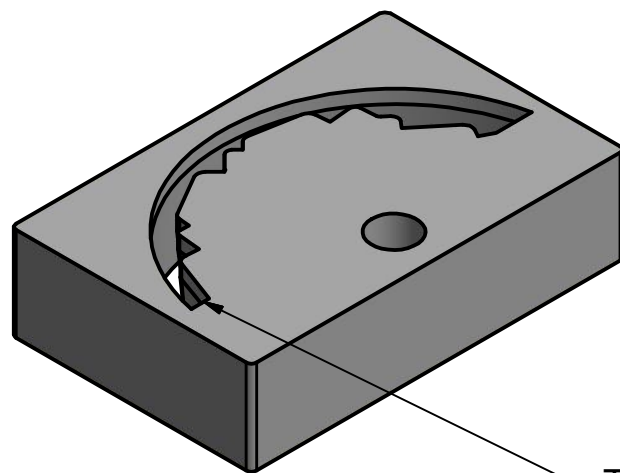
TOLERANCIA GENERAL PARA EL PERFIL DE CORTE: +0,02mm



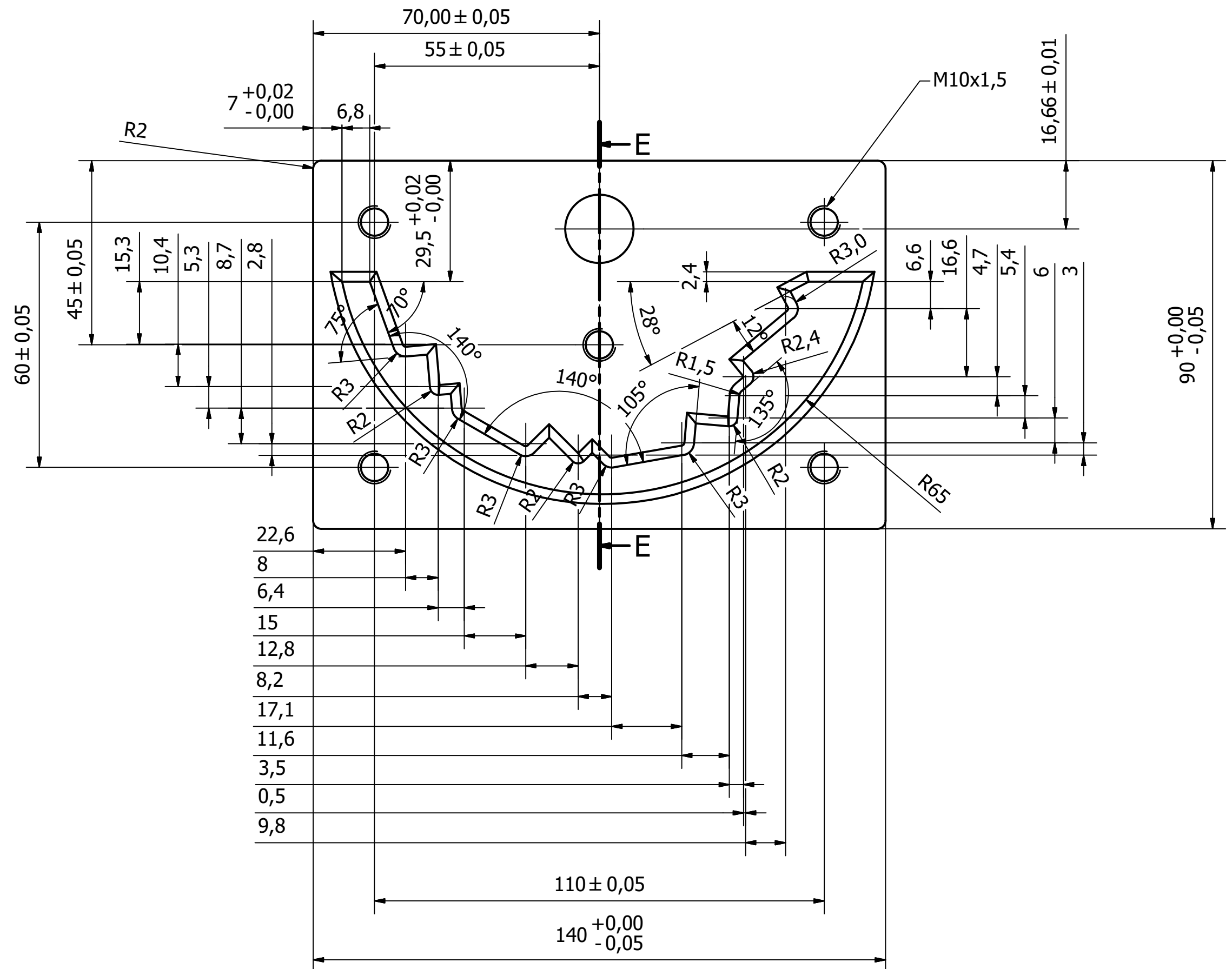
Escala 1 : 2

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica: C.Calderón	Tipo de documento: Pieza	Estado de documento: Aprobado			
	Creado por: C.Calderón	Título/Título suplementario: Matriz	Descripción: Matriz 02			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Aprobado por: C.Calderón		Rev. 00	Fecha 19/08/2019	Idioma Es	Hoja 1/1

Technical drawing of a shaft with a keyway. The shaft has a total length of 35 mm with a tolerance of $+0,02$ / $-0,00$. The keyway is 16 mm wide and 5 mm deep. The shaft diameter is $\varnothing 16,7$ mm with a tolerance of $+0,10$ / $-0,00$. The surface texture is specified as $R_a 0,01$ A.

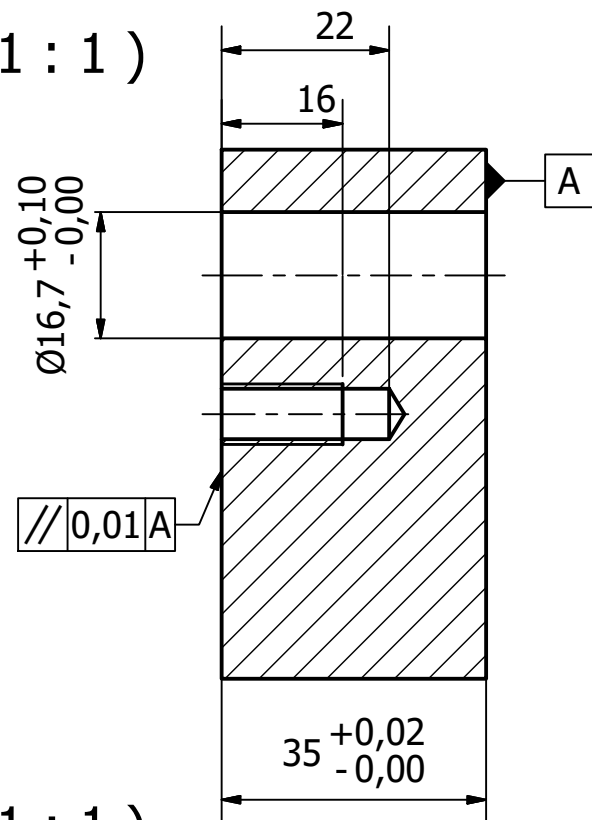


—TOLERANCIA GENERAL PARA EL PERFIL DE CORTE: +0,02mm

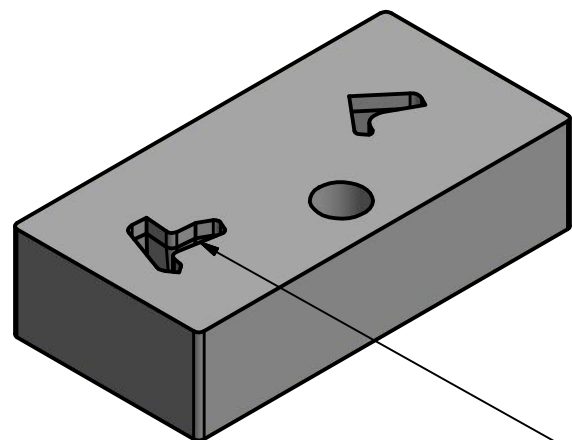
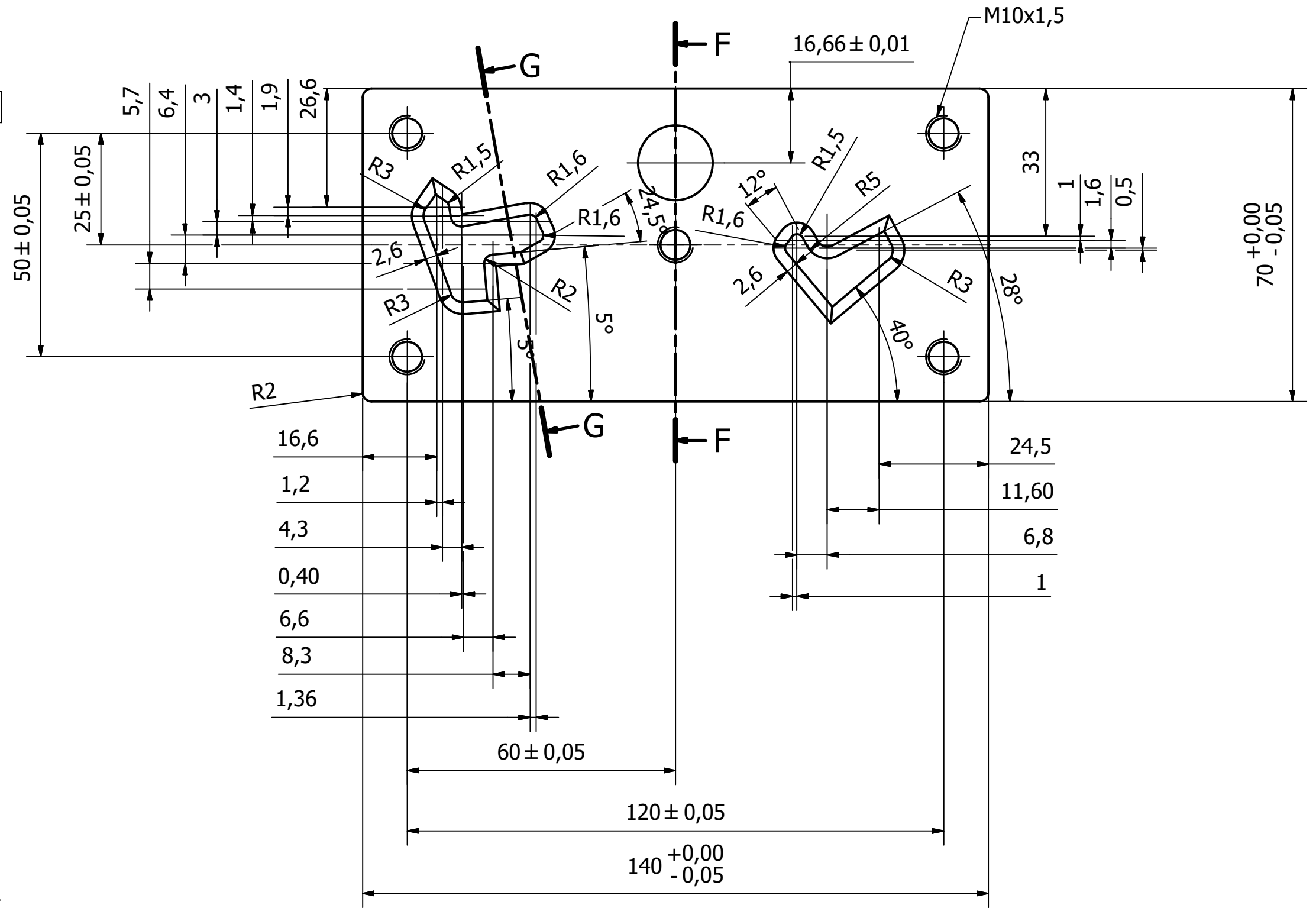
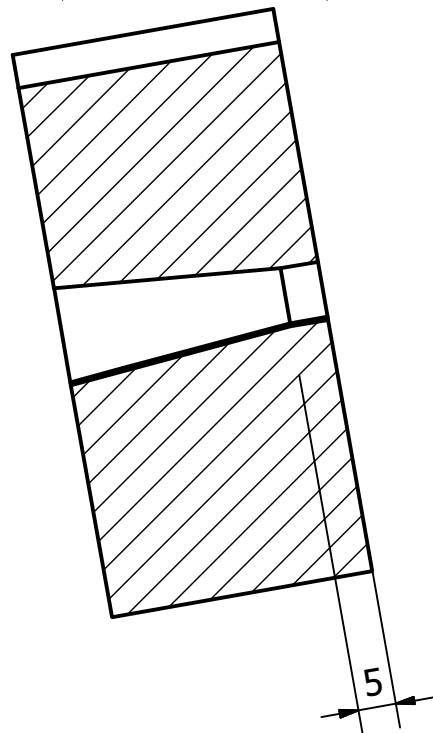


UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica: C.Calderón	Tipo de documento: Pieza	Estado de documento: Aprobado			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Creado por: C.Calderón	Título/Título suplementario: Matriz	Descripción: Matriz 03			
	Aprobado por: C.Calderón		Rev. 00	Fecha 19/08/2019	Idioma Es	Hoja 1/1

F-F (1 : 1)



G-G (1 : 1)

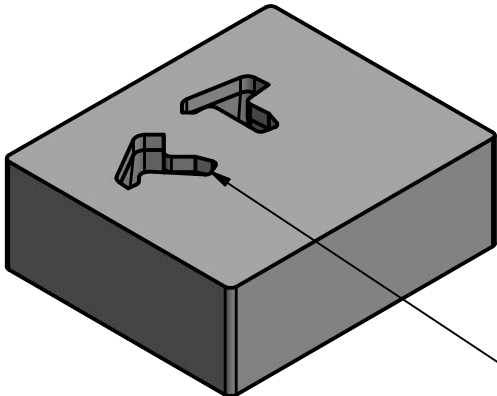
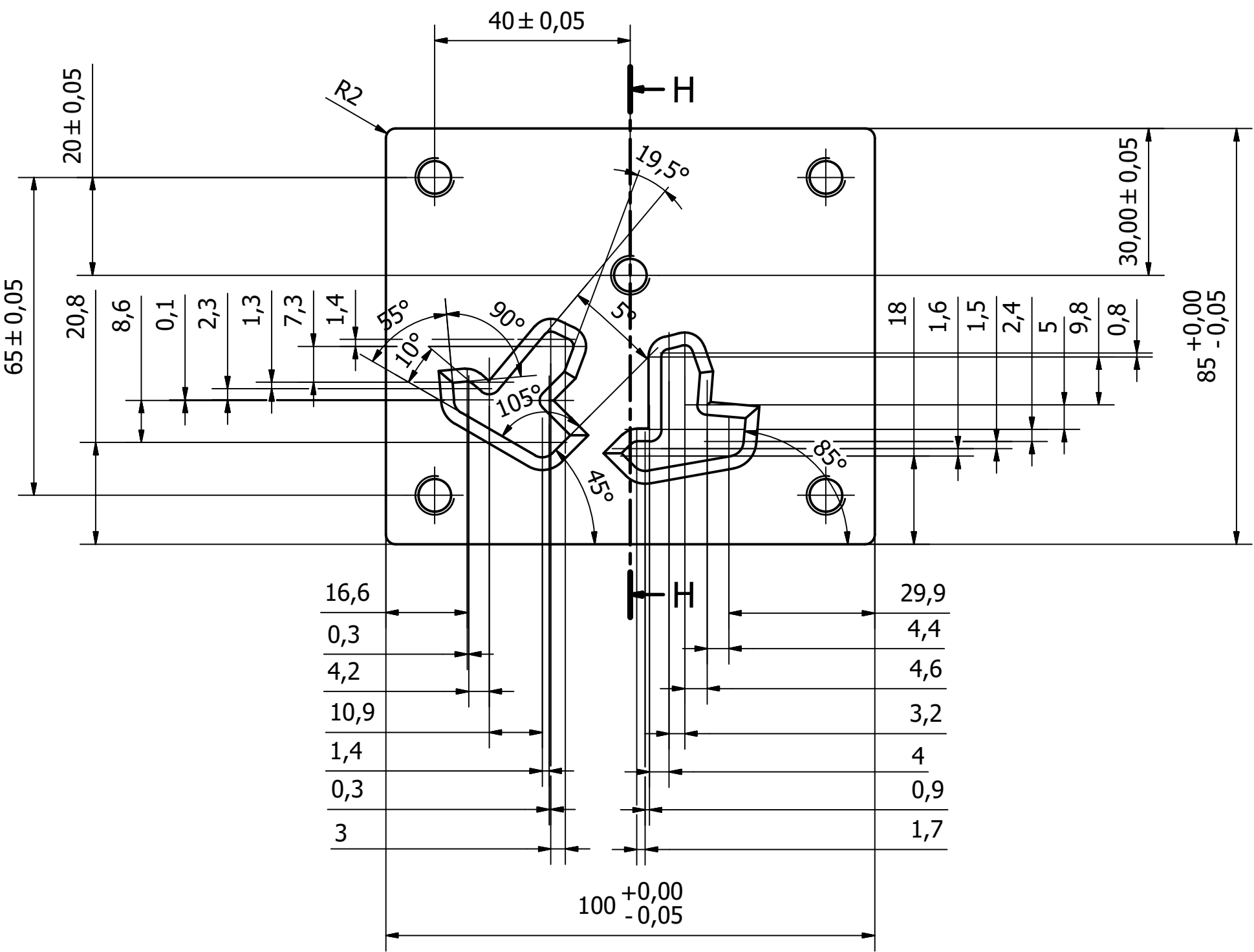
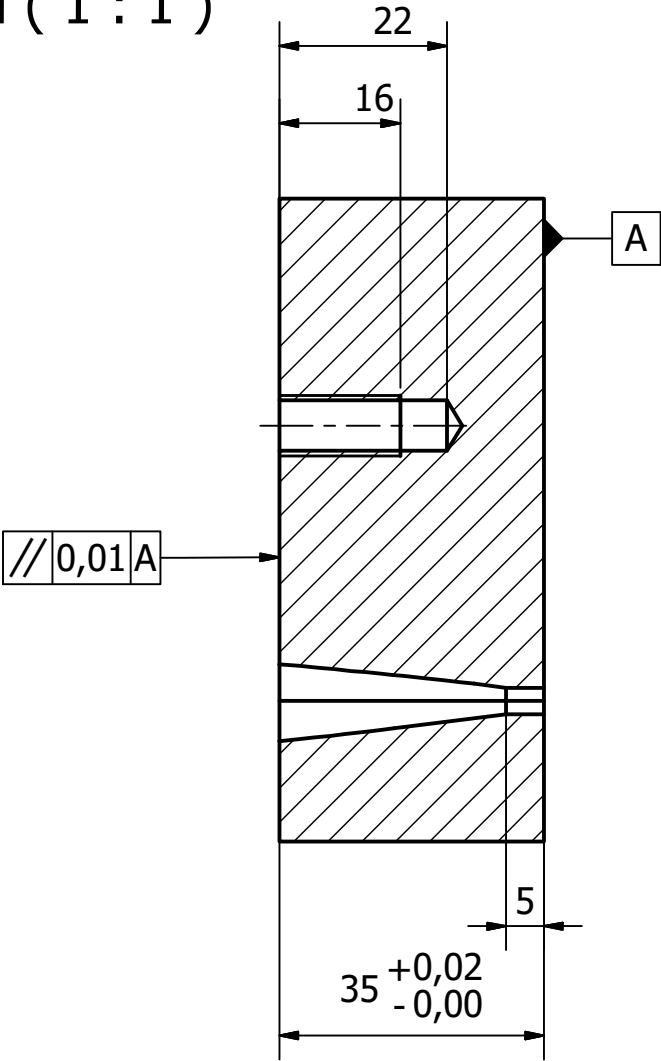


Escala 1 : 2

TOLERANCIA GENERAL PARA EL PERFIL DE CORTE: +0,02mm

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica: C.Calderón	Tipo de documento: Pieza	Estado de documento: Aprobado			
	Creado por: C.Calderón	Título/Título suplementario: Matriz	Descripción: Matriz 04			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Tel.	Aprobado por: C.Calderón		Rev. 00	Fecha 19/08/2019	Idioma Es	Hoja 1/1

H-H (1 : 1)

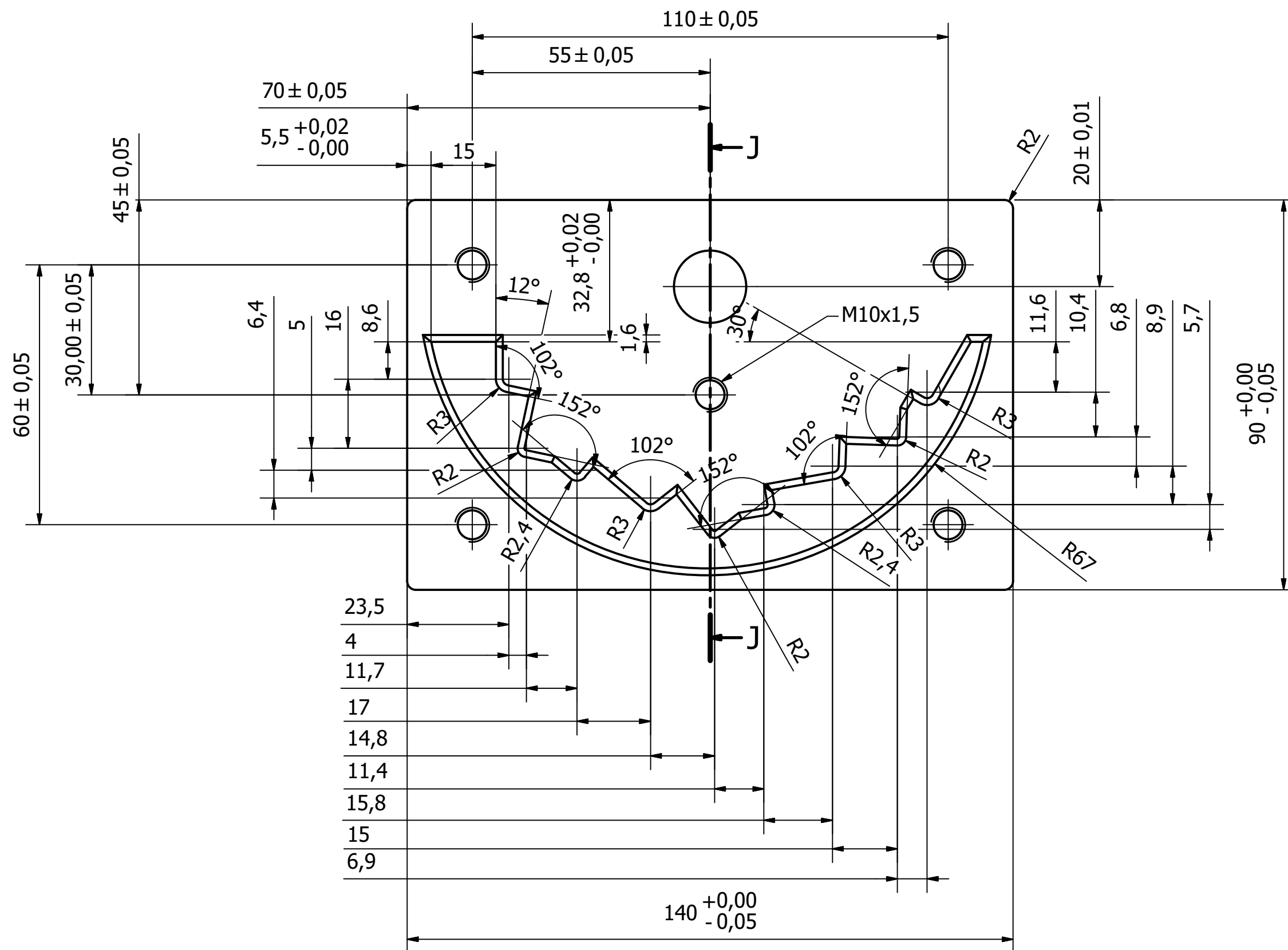
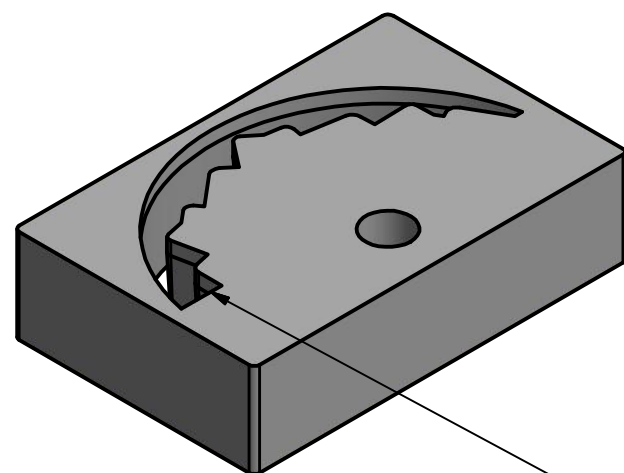
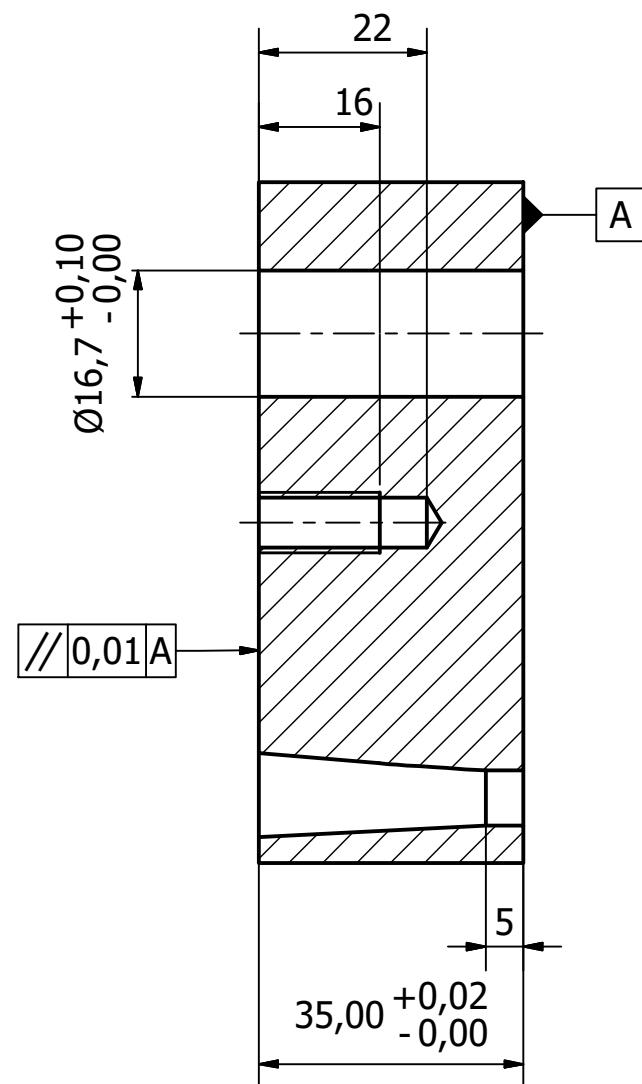


Escala 1 : 2

TOLERANCIA GENERAL PARA EL PERFIL DE CORTE: +0,02mm

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica:	Pieza	Estado de documento:			
	C.Calderón		Aprobado			
	C.Calderón		Matriz 05			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Creado por:	Matriz	Descripción:			
	Aprobado por:		Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
	C.Calderón		00	19/08/2019	Es	1/1

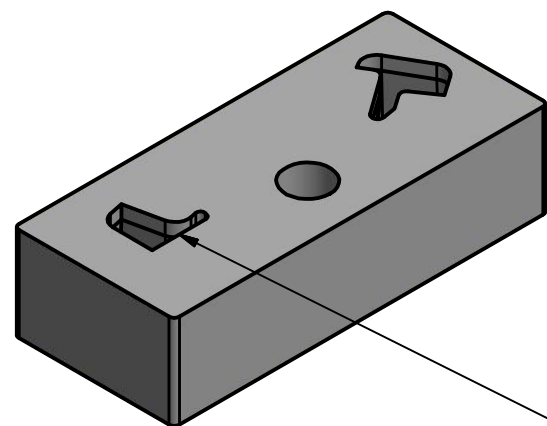
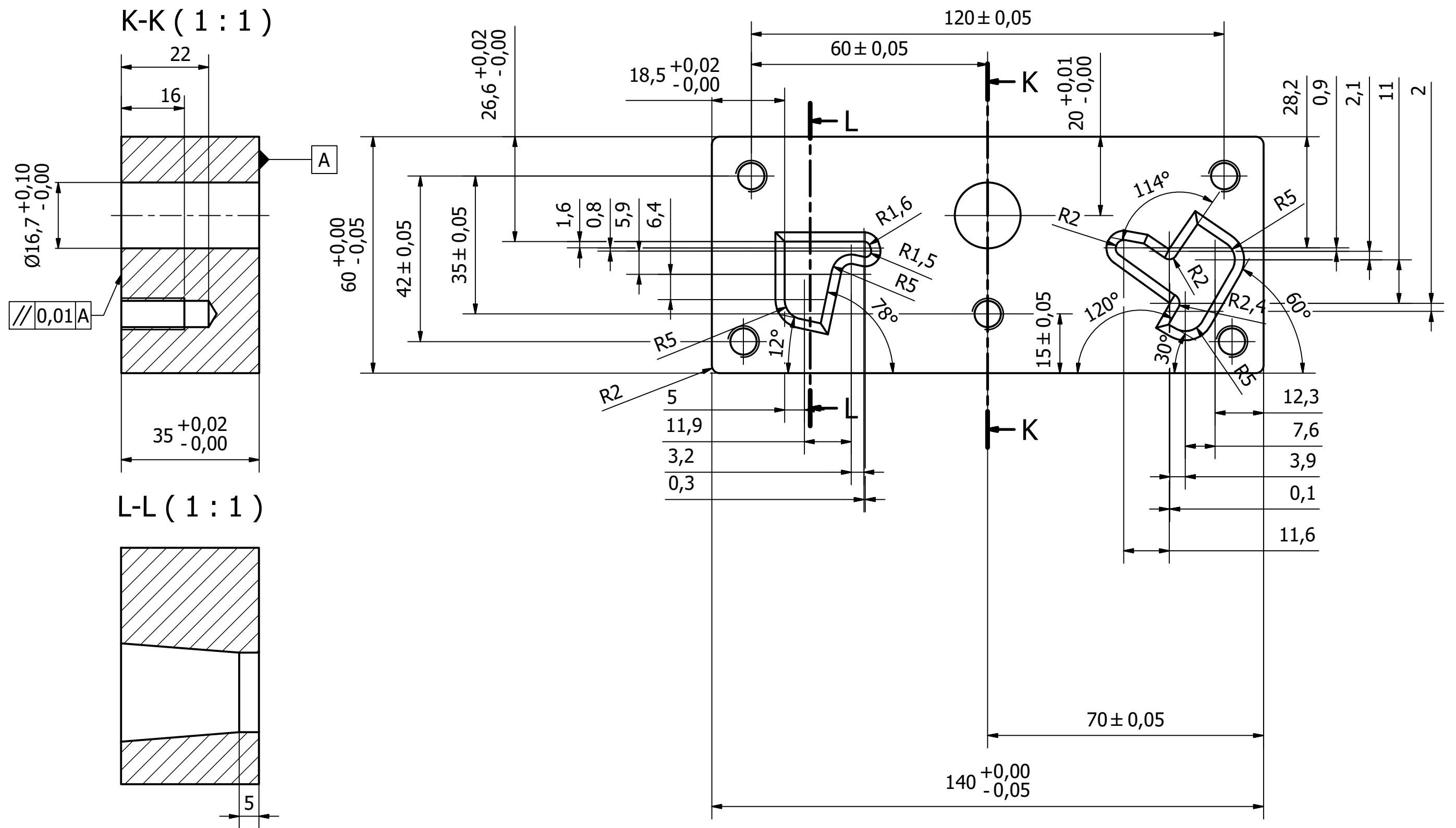
J-J (1 : 1)



Escala 1 : 2

TOLERANCIA GENERAL PARA EL PERFIL DE CORTE: +0,02mm

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica:	Tipo de documento:	Estado de documento:			
	C.Calderón	Pieza	Aprobado			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Creado por:	Matriz	Descripción:			
	C.Calderón		Matriz 06			
Aprobado por:		Rev.	Fecha	Idioma	Hoja	
C.Calderón		00	19/08/2019	Es	1/1	

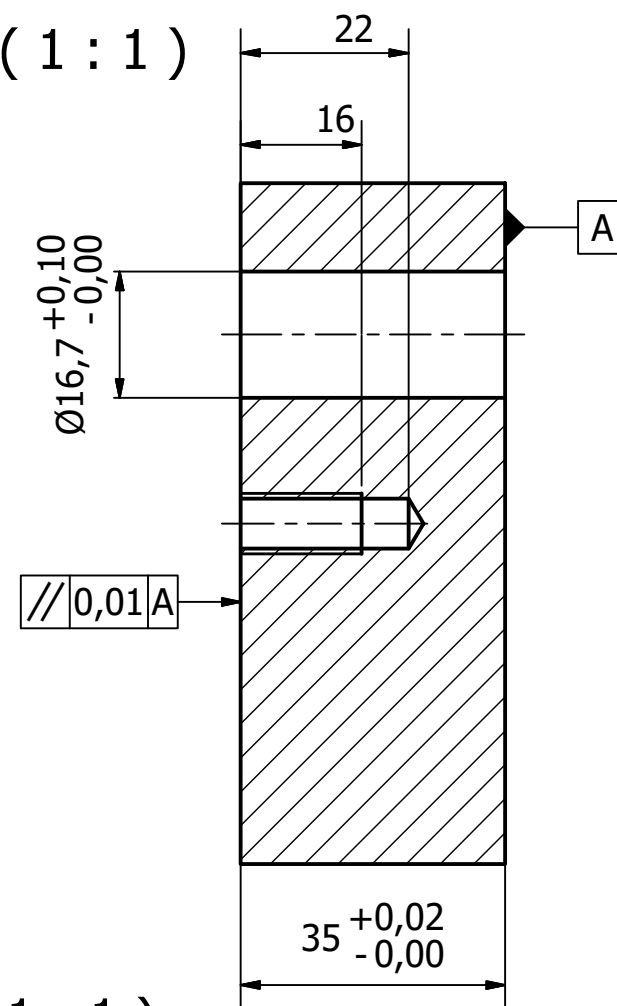


Escala 1 : 2

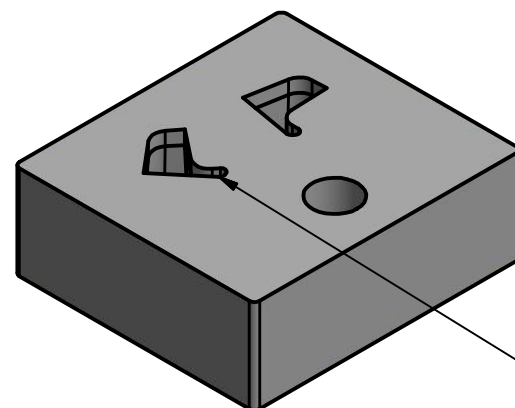
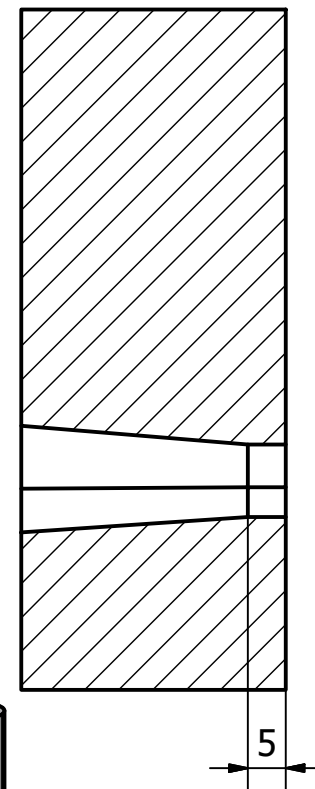
TOLERANCIA GENERAL PARA EL PERFIL DE CORTE: $+0,02\text{mm}$

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica:	Pieza	Estado de documento:			
	C.Calderón		Aprobado			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Creado por:	Matriz	Descripción:			
	C.Calderón		Matriz 07			
	Aprobado por:		Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
	C.Calderón		00	19/08/2019	Es	1/1

M-M (1 : 1)

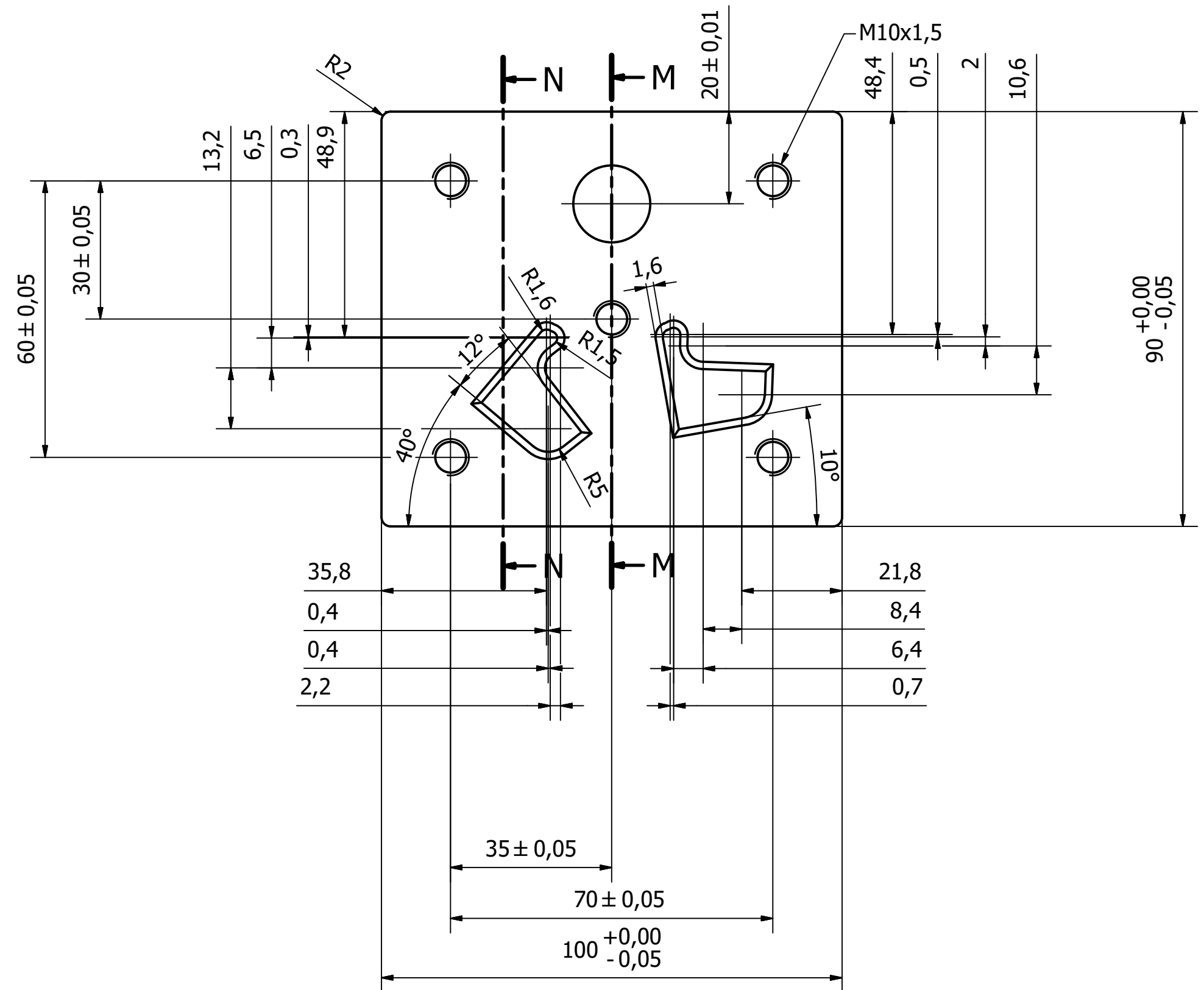


N-N (1 : 1)



Escala 1 : 2

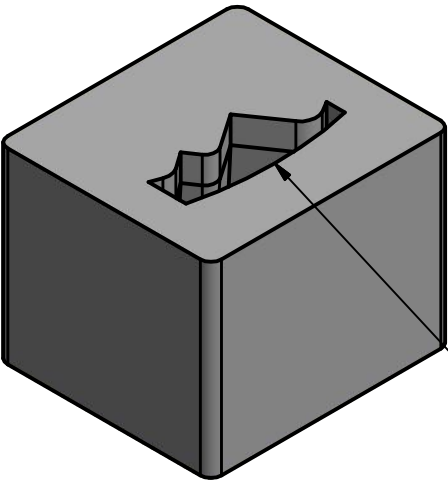
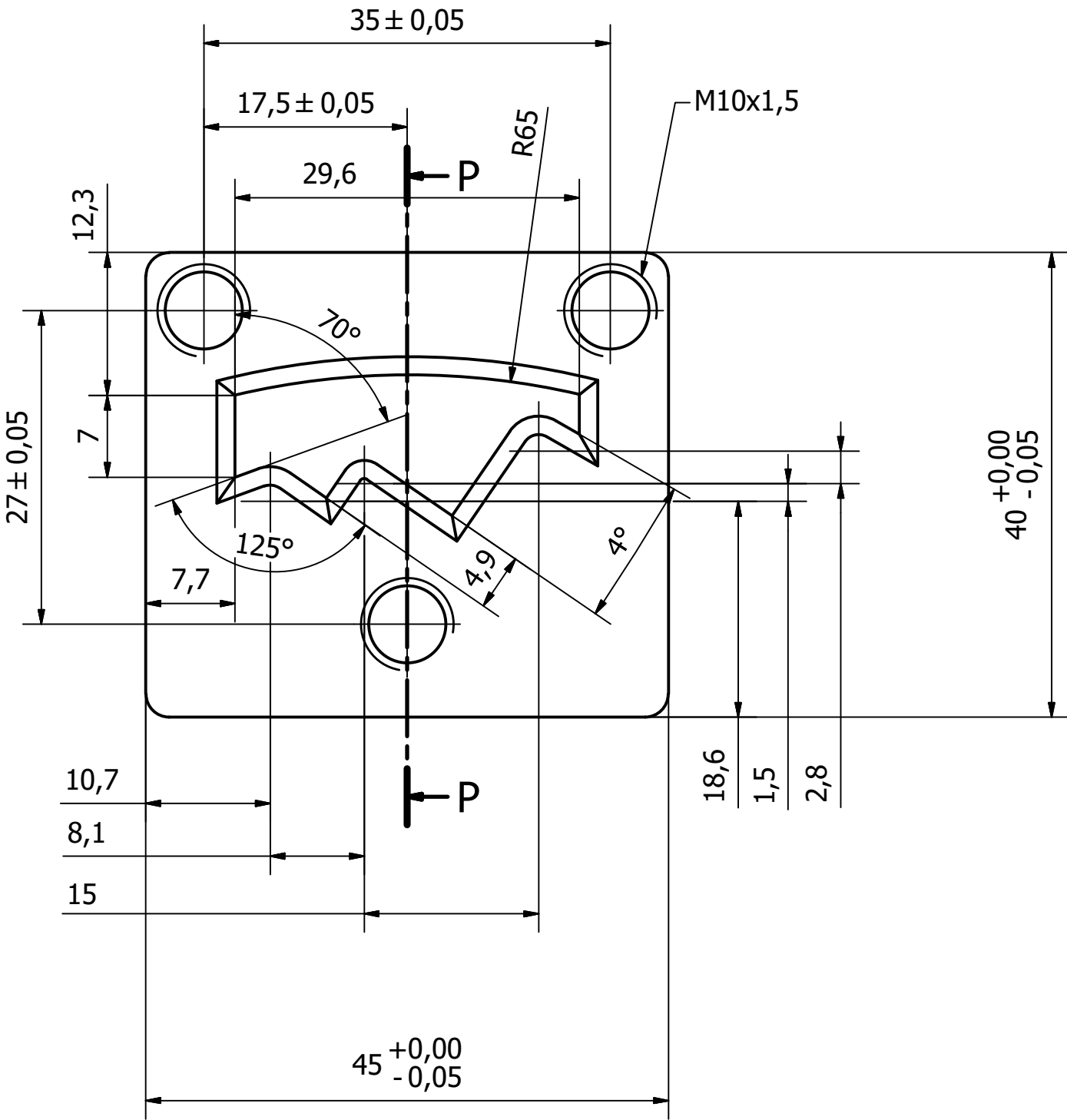
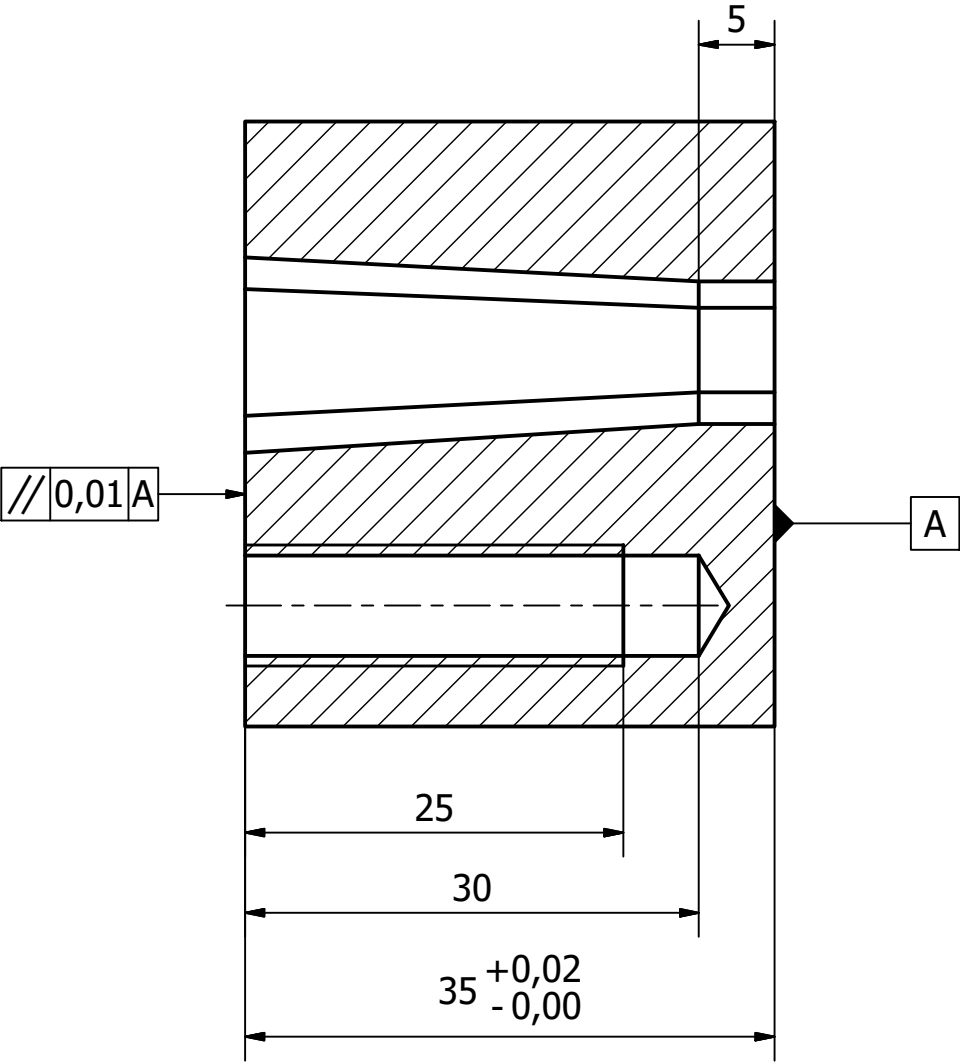
TOLERANCIA GENERAL PARA EL PERFIL DECORTE: +0,02mm



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica: C.Calderón	Tipo de documento: Pieza	Estado de documento: Aprobado			
	Creado por: C.Calderón	Título/Título suplementario: Matriz	Descripción: Matriz 08			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Aprobado por: C.Calderón		Rev. 00	Fecha 19/08/2019	Idioma Es	Hoja 1/1

Escala 2 : 1

P-P (2 : 1)



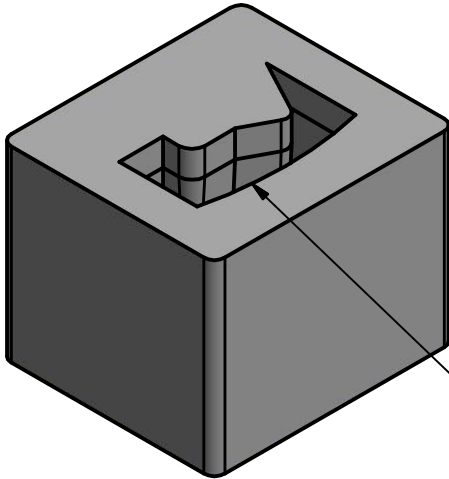
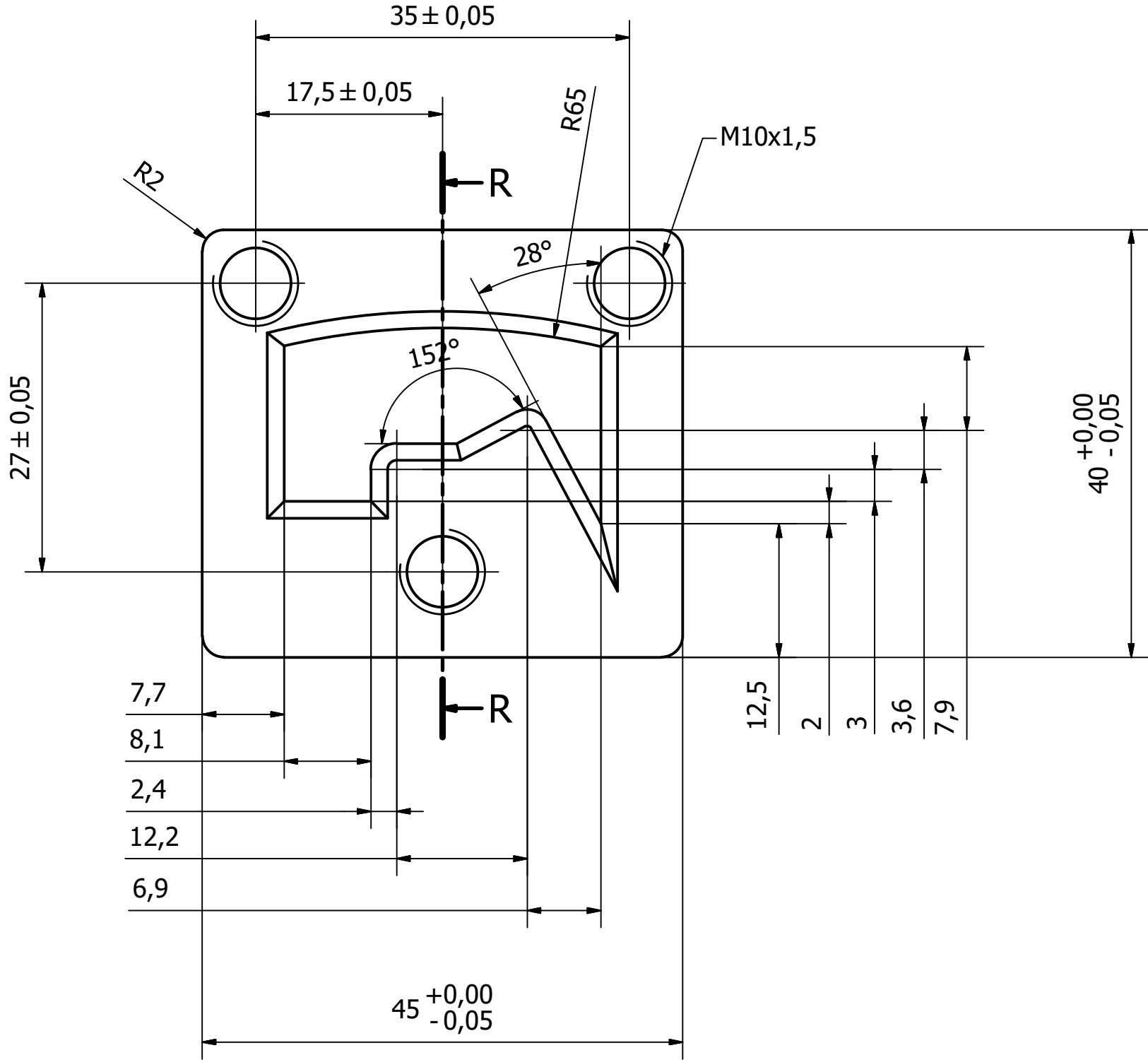
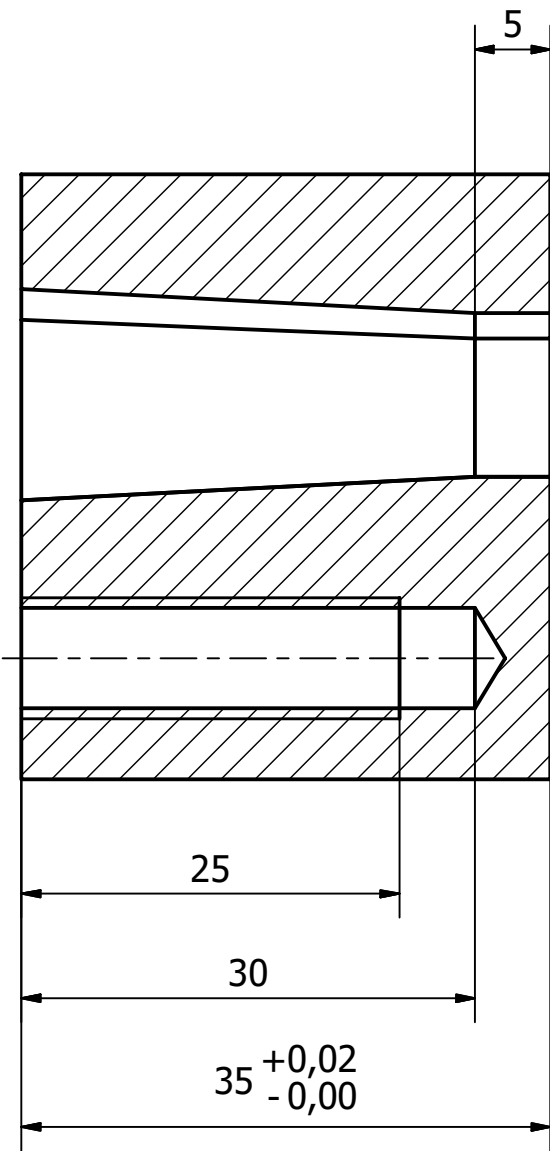
Escala 1 : 1

TOLERANCIA GENERAL PARA EL PERFIL DE CORTE: +0,02mm

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica:	Tipo de documento:	Estado de documento:			
	C.Calderón	Pieza	Aprobado			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Creado por:	Título/Título suplementario:	Descripción:			
	C.Calderón		Matriz 09.1			
	Aprobado por:	Matriz	Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
	C.Calderón		00	19/08/2019	Es	1/1

Escala 2 : 1

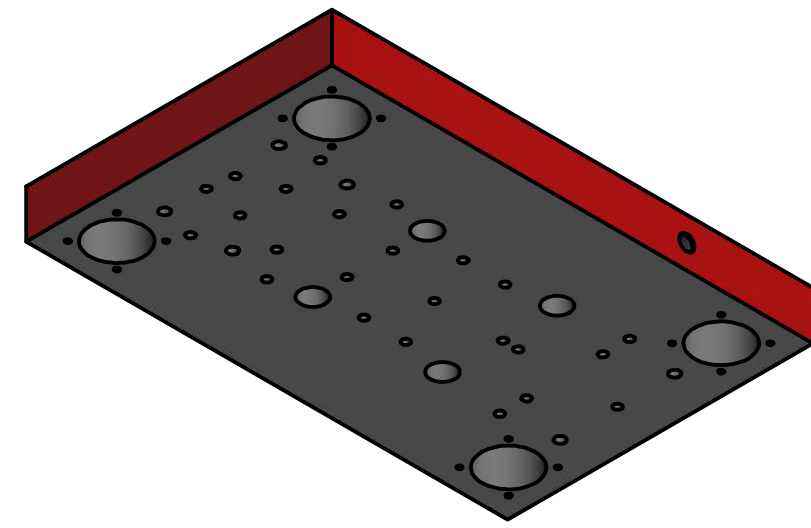
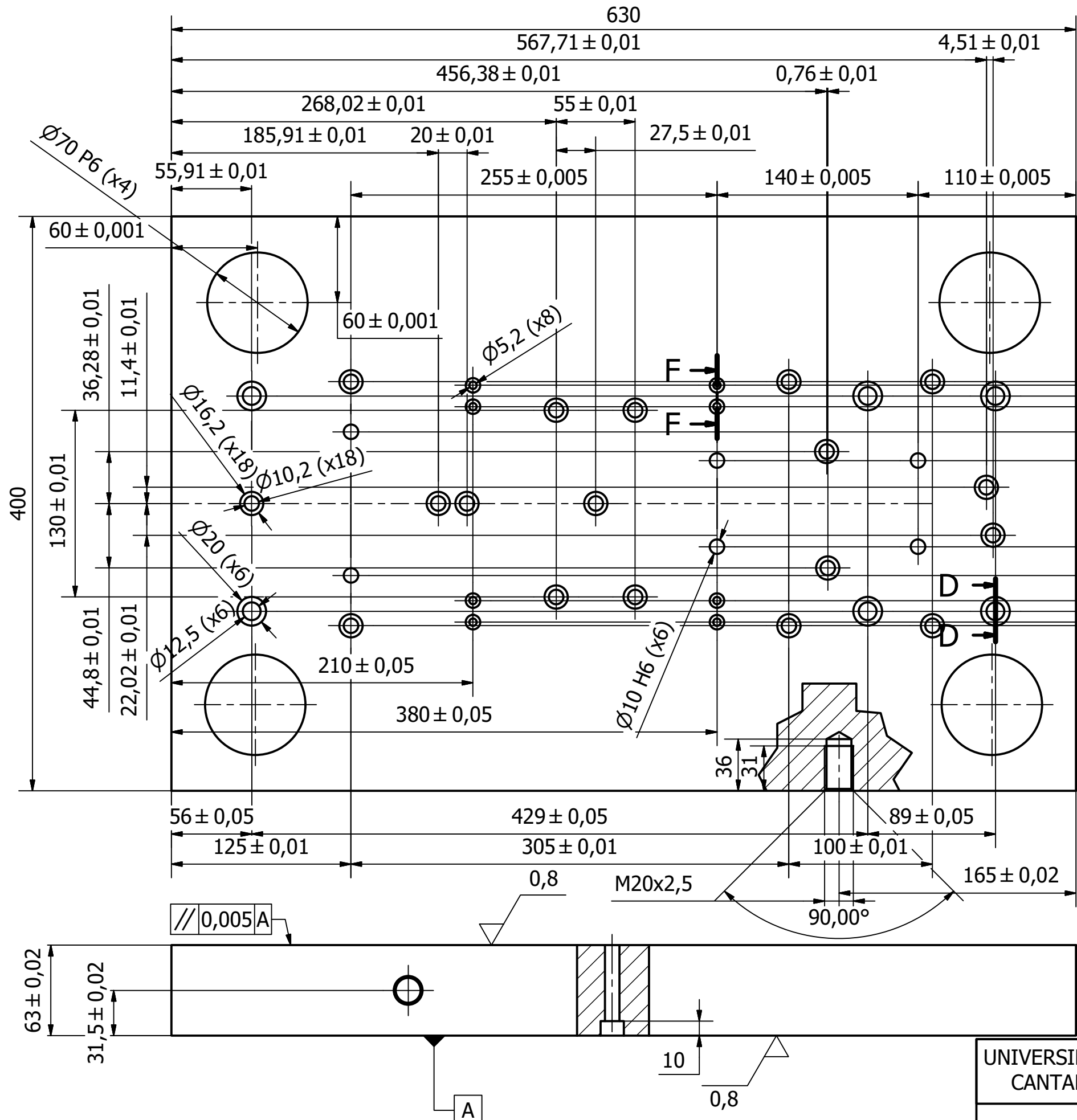
R-R (2 : 1)



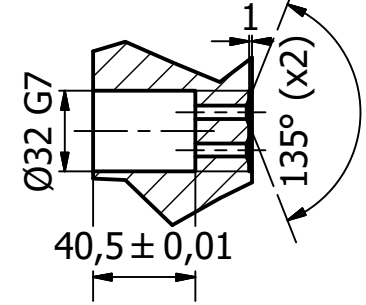
Escala 1 : 1

TOLERANCIA GENERAL PARA EL PERFIL DE CORTE: +0,02mm

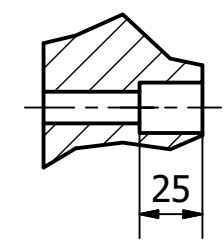
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica: C.Calderón	Tipo de documento: Pieza	Estado de documento: Aprobado			
	Creado por: C.Calderón	Título/Título suplementario: Matriz	Descripción: Matriz 09.2			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Aprobado por: C.Calderón		Rev. 00	Fecha 19/08/2019	Idioma Es	Hoja 1/1



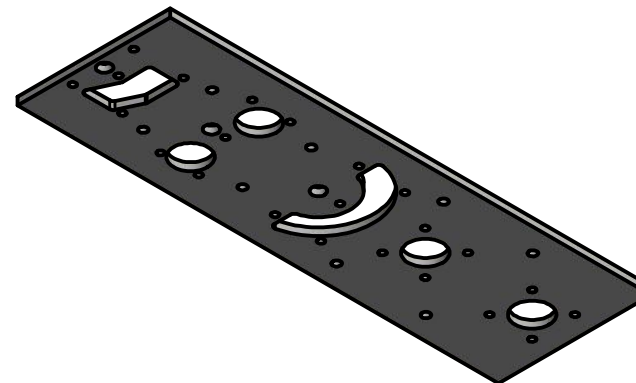
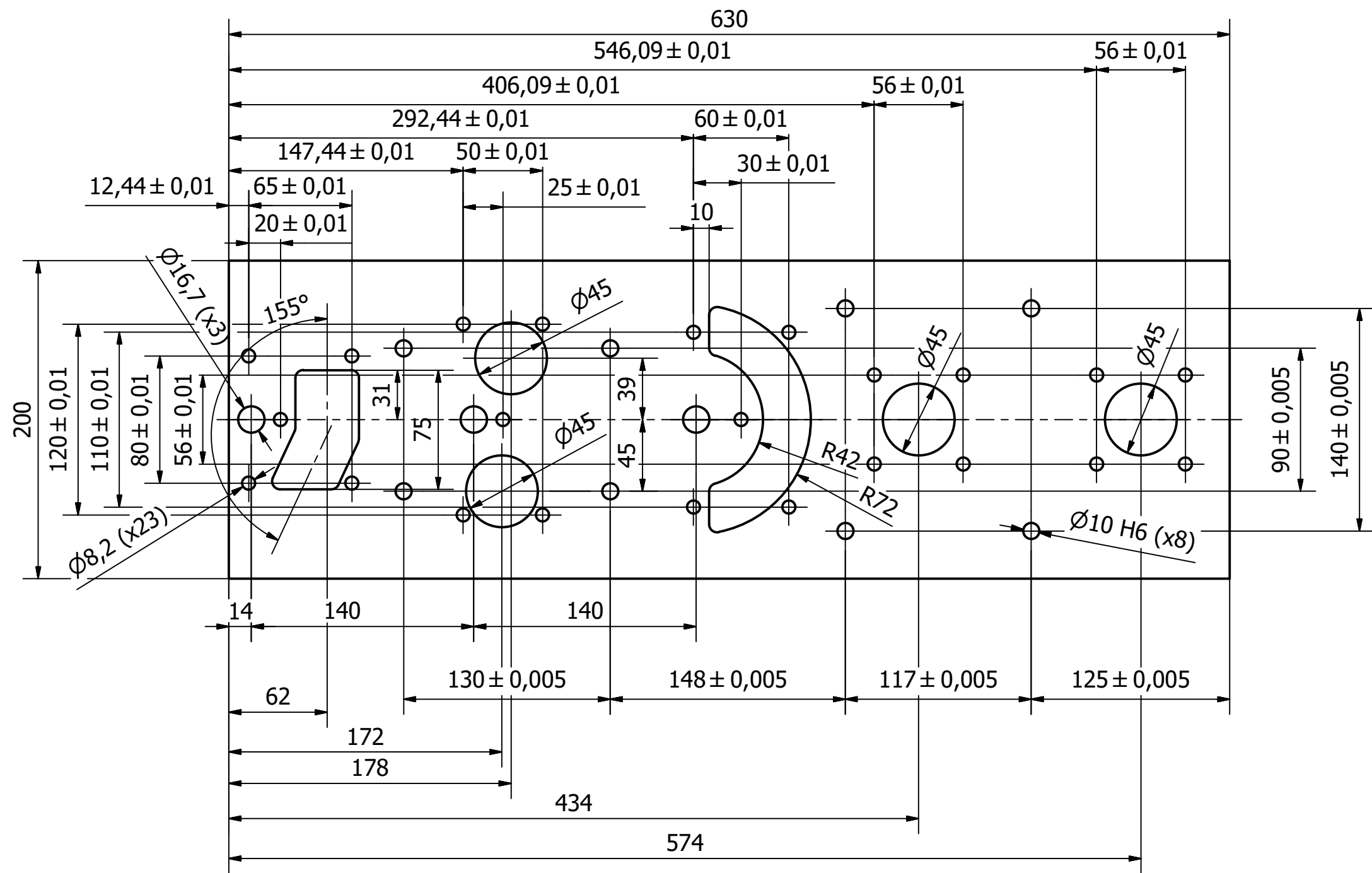
F-F (1 : 3)



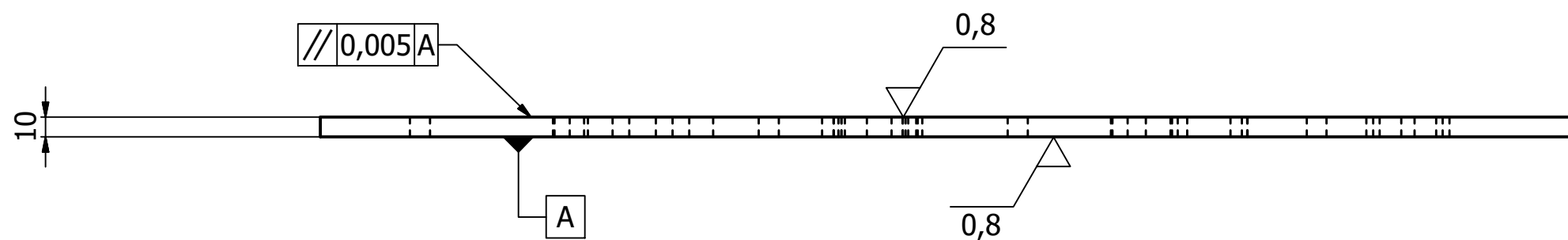
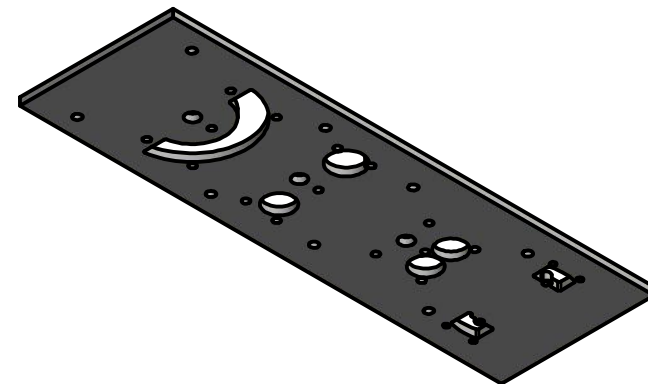
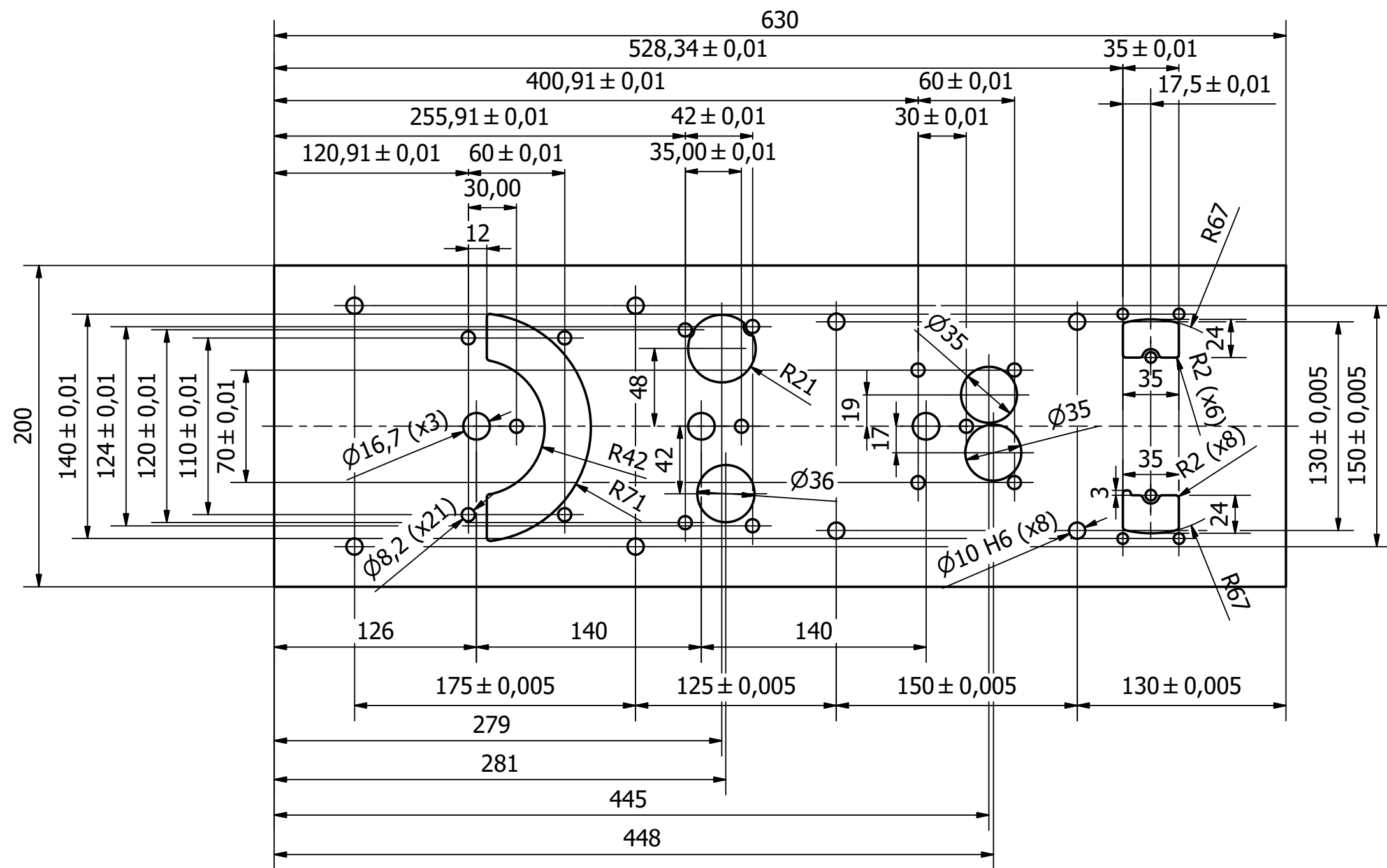
D-D (1 : 3)



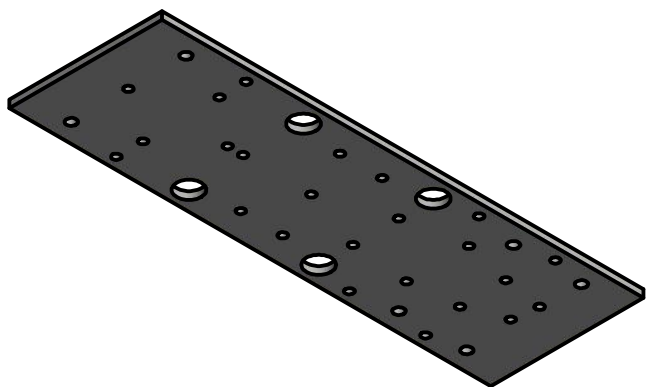
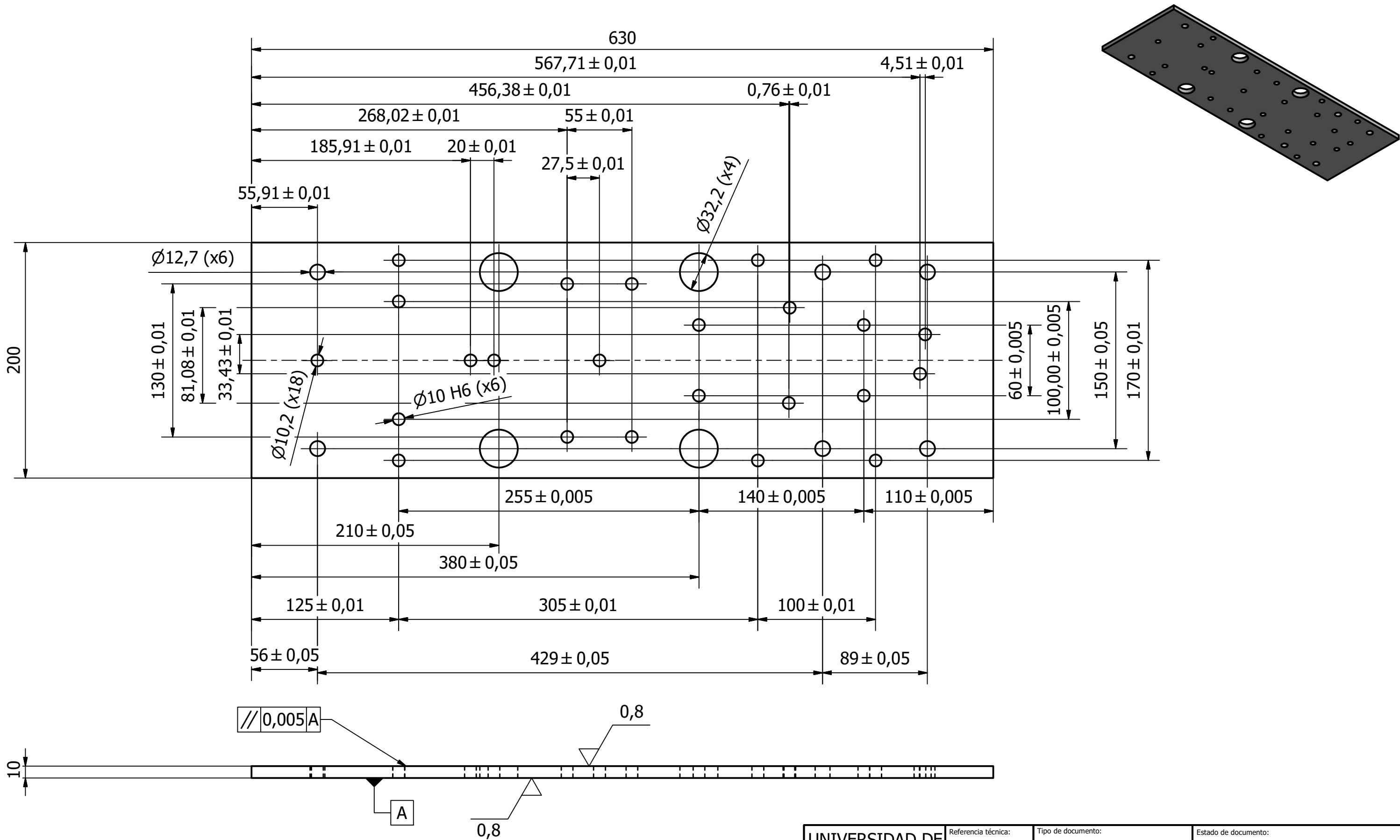
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica:	Tipo de documento:		Estado de documento:			
	C.Calderón	Pieza		Aprobado			
	Creado por:	Título/Título suplementario:		Descripción:			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	C.Calderón	Placa base		Placa base superior 01			
	Aprobado por:			Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
	C.Calderón			00	19/08/2019	Es	1/1



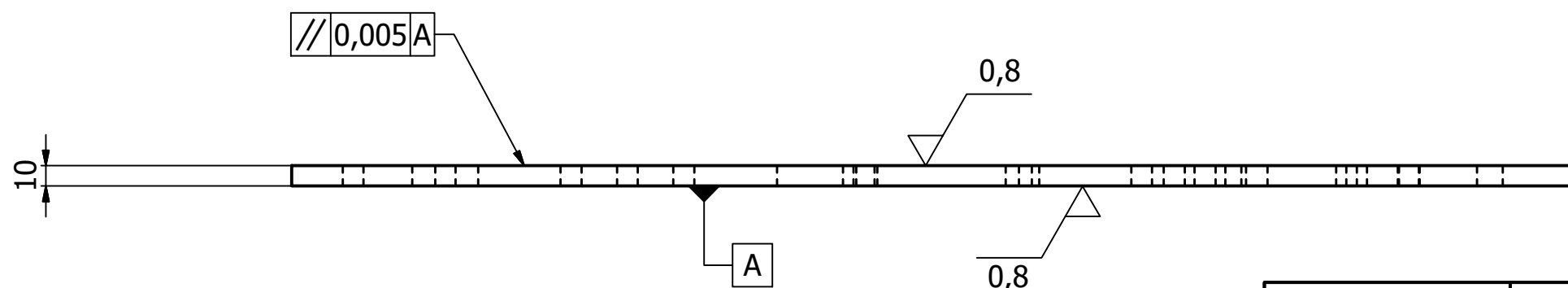
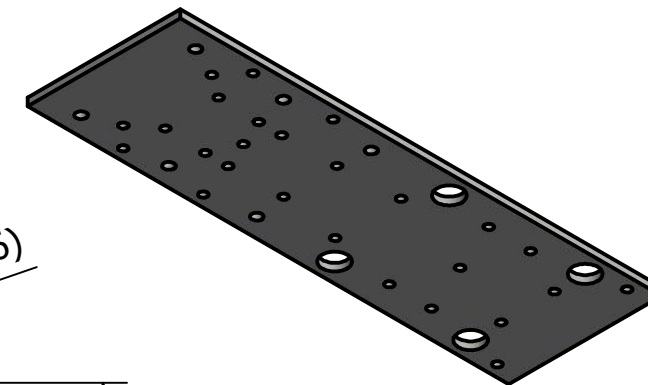
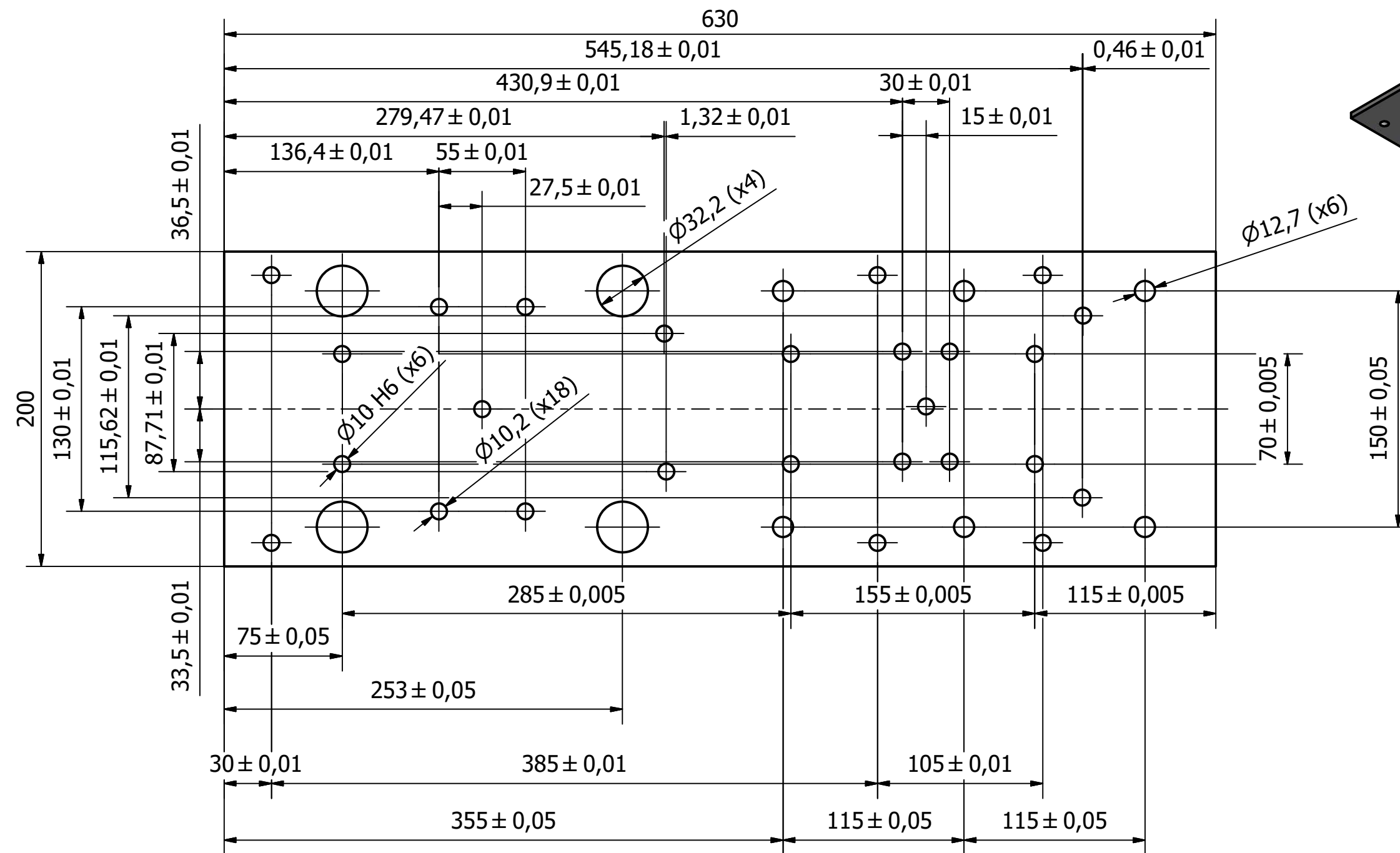
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Referencia técnica: C.Calderón	Tipo de documento: Pieza	Estado de documento: Aprobado			
	Creado por: C.Calderón	Título/Título suplementario: Sufridera	Descripción: Sufridera inferior 01			
	Aprobado por: C.Calderón		Rev. 00	Fecha 19/08/2019	Idioma Es	Hoja 1/1



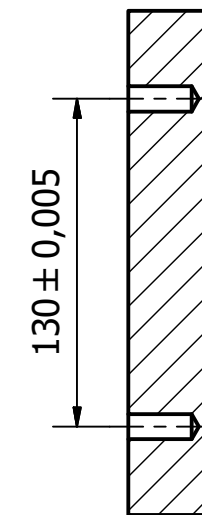
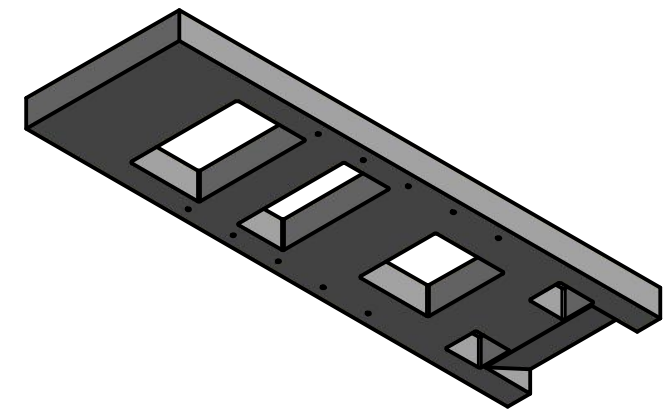
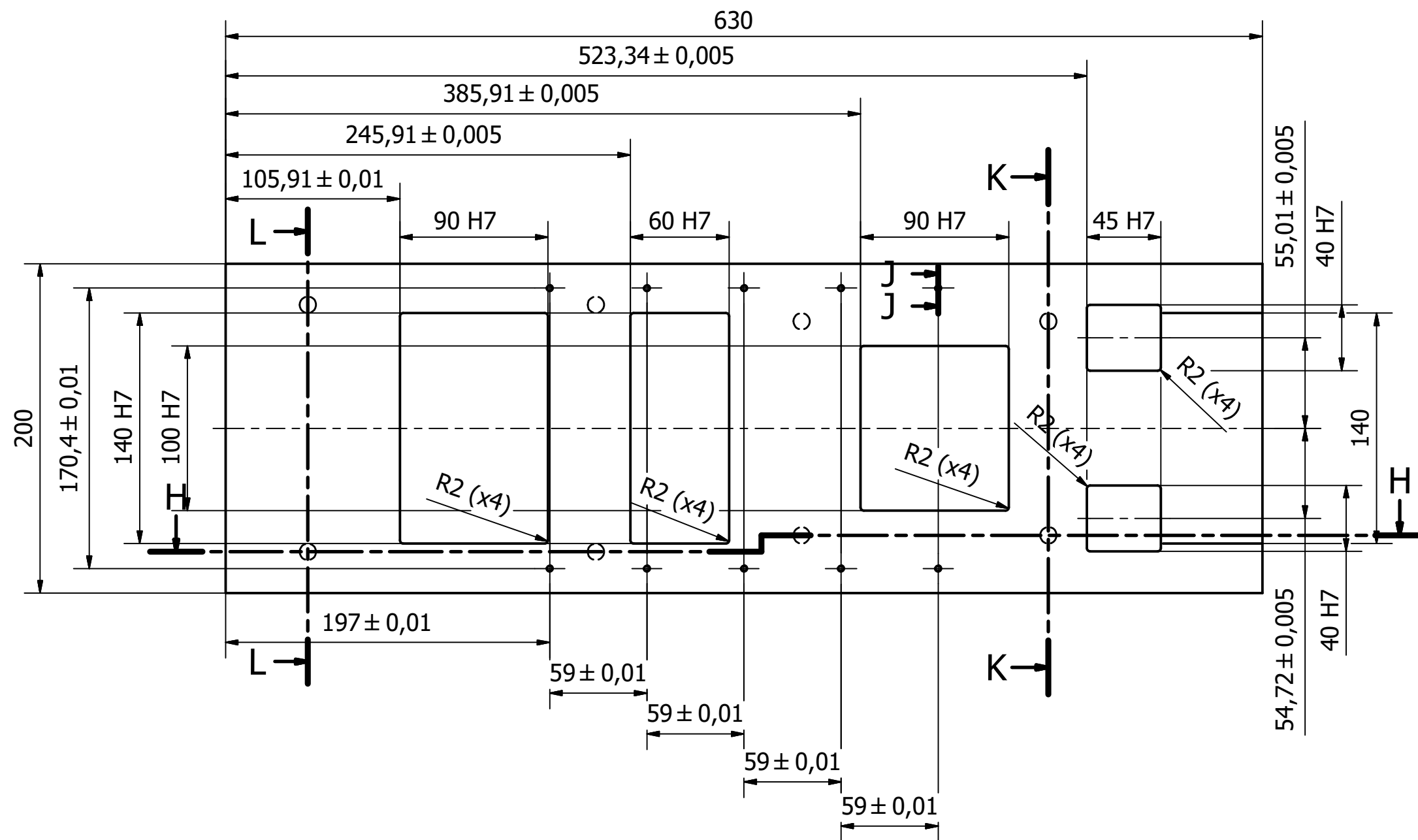
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica:	Pieza	Estado de documento:			
	C.Calderón		Aprobado			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Creado por:	Sufridera	Descripción:			
	C.Calderón		Sufridera inferior 02			
	Aprobado por:		Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
	C.Calderón		00	19/08/2019	Es	1/1



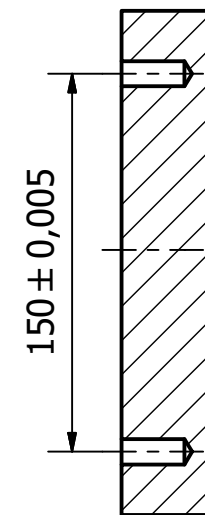
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica:	Pieza	Estado de documento:			
	C.Calderón		Aprobado			
	C.Calderón		Descripción:			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Creado por:	Sufridera	Sufridera superior 01			
	Aprobado por:		Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
	C.Calderón		00	19/08/2019	Es	1/1



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica:	Tipo de documento:	Estado de documento:			
	C.Calderón	Pieza	Aprobado			
	Creado por:	Título/Título suplementario:	Descripción:			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	C.Calderón	Sufridera	Sufridera superior 02			
	Aprobado por:		Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
	C.Calderón		00	19/08/2019	Es	1/1

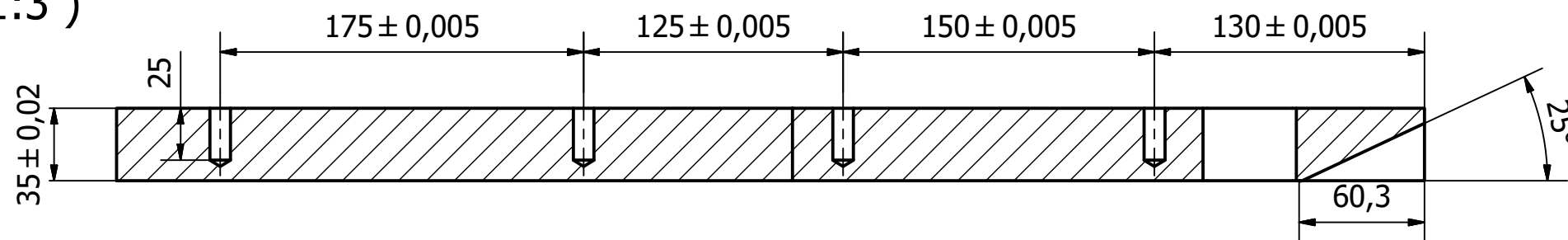


K-K (1:3)

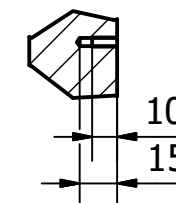


L-L (1:3)

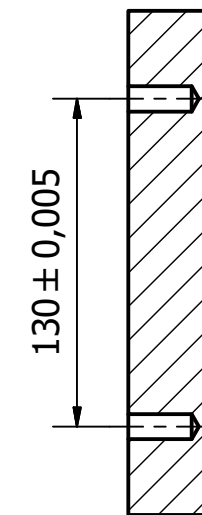
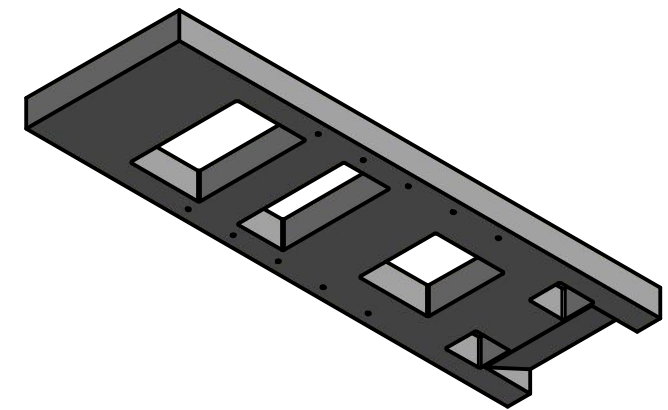
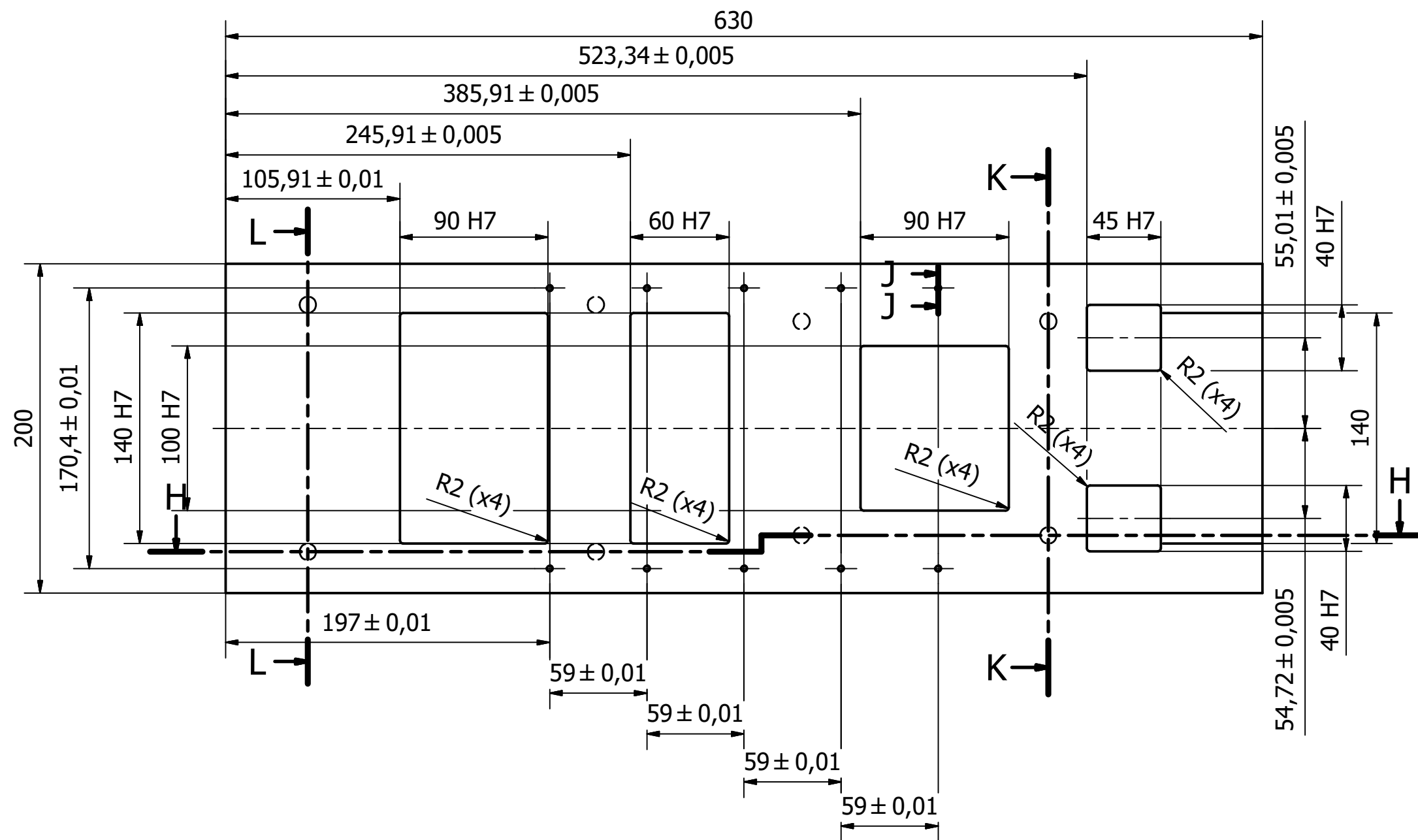
H-H (1:3)



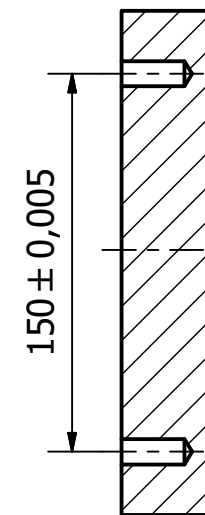
J-J (1:3) (x10)



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica:	Tipo de documento:	Estado de documento:			
	C.Calderón	Pieza	Aprobado			
	Creado por:	Título/Título suplementario:	Descripción:			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	C.Calderón	Placa portamatrices	Placa portamatrices 02			
	Aprobado por:		Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
	C.Calderón		00	19/08/2019	Es	1/1

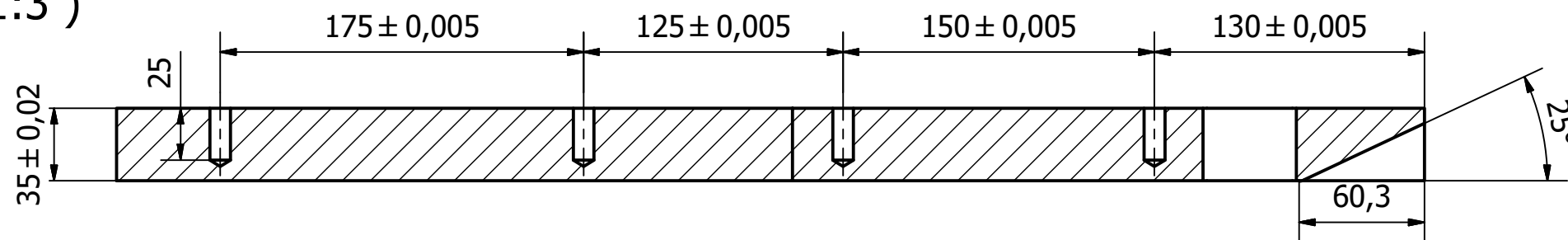


K-K (1:3)

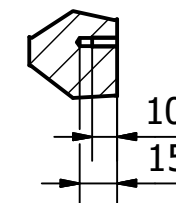


L-L (1:3)

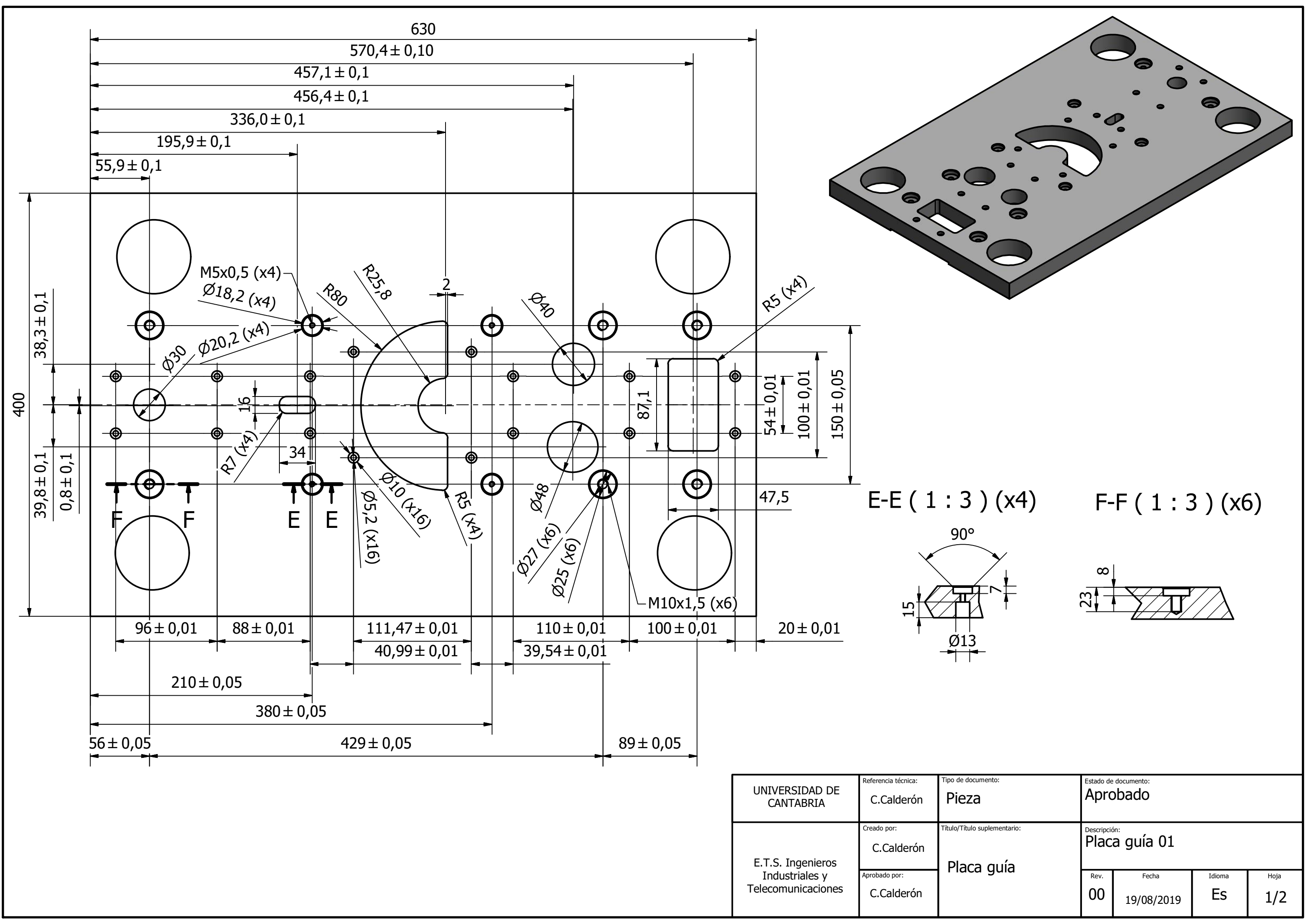
H-H (1:3)



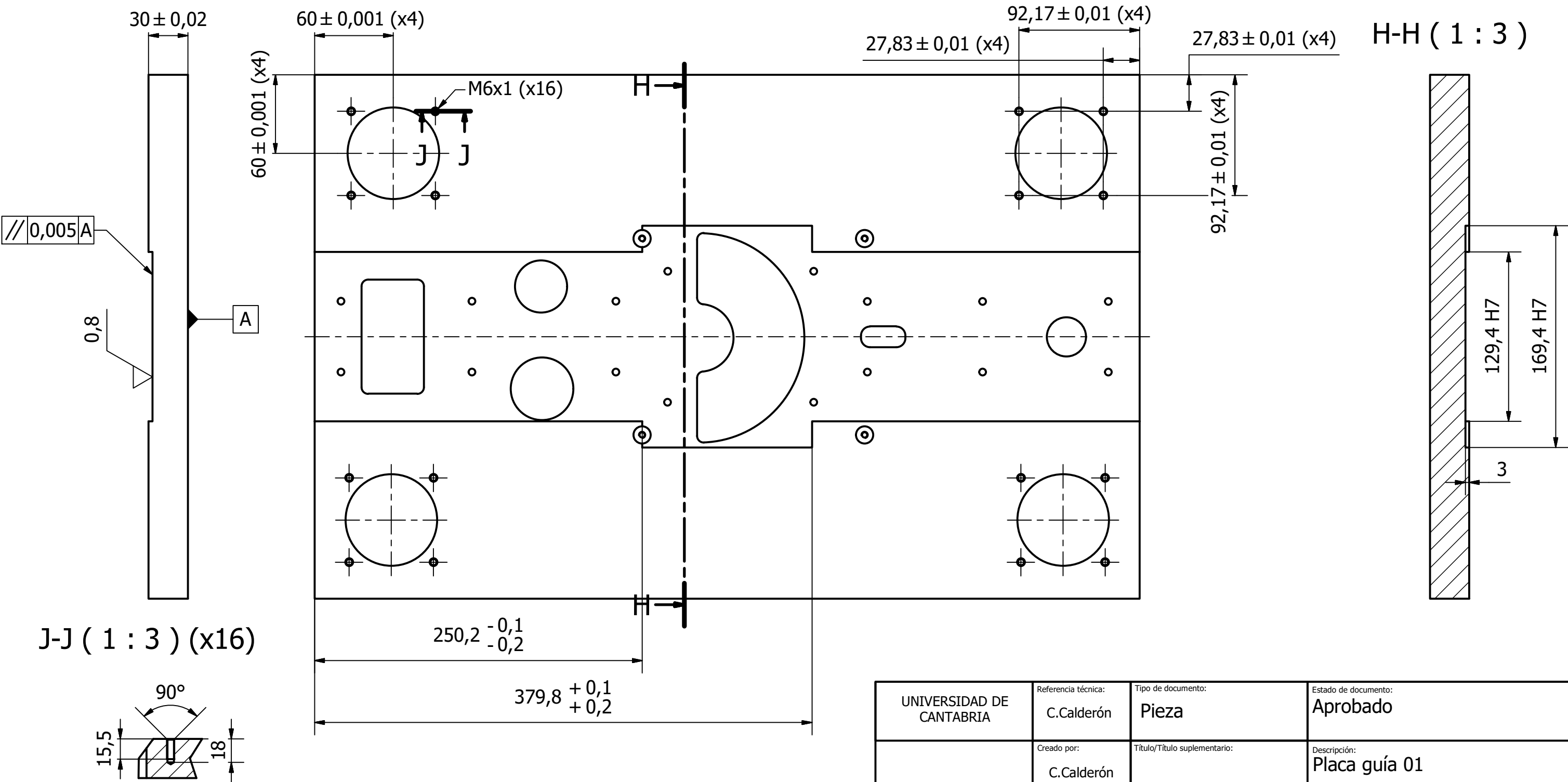
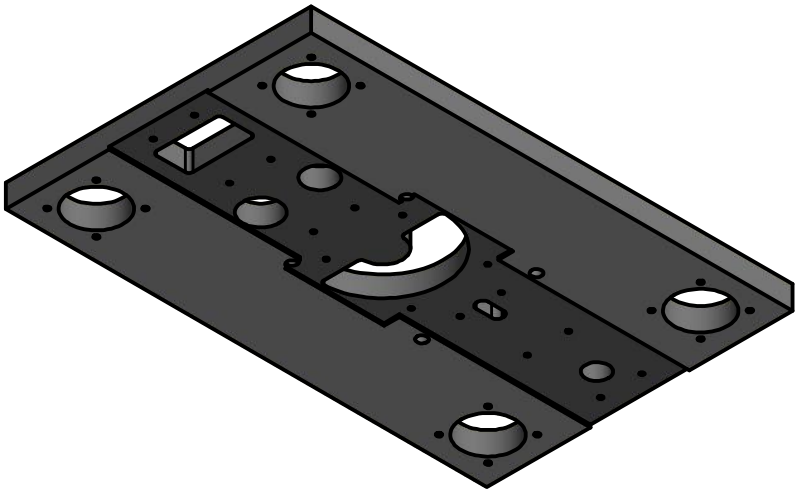
J-J (1:3) (x10)



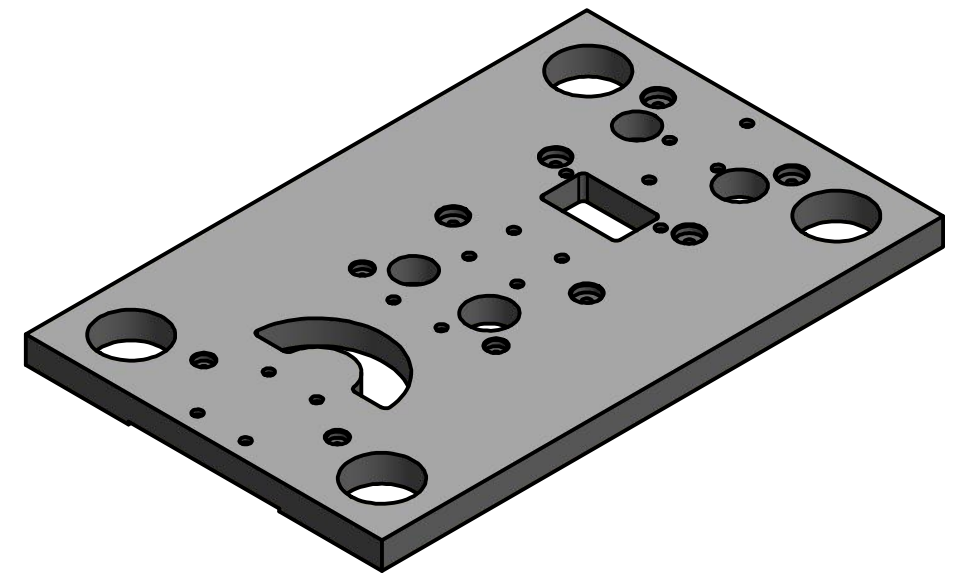
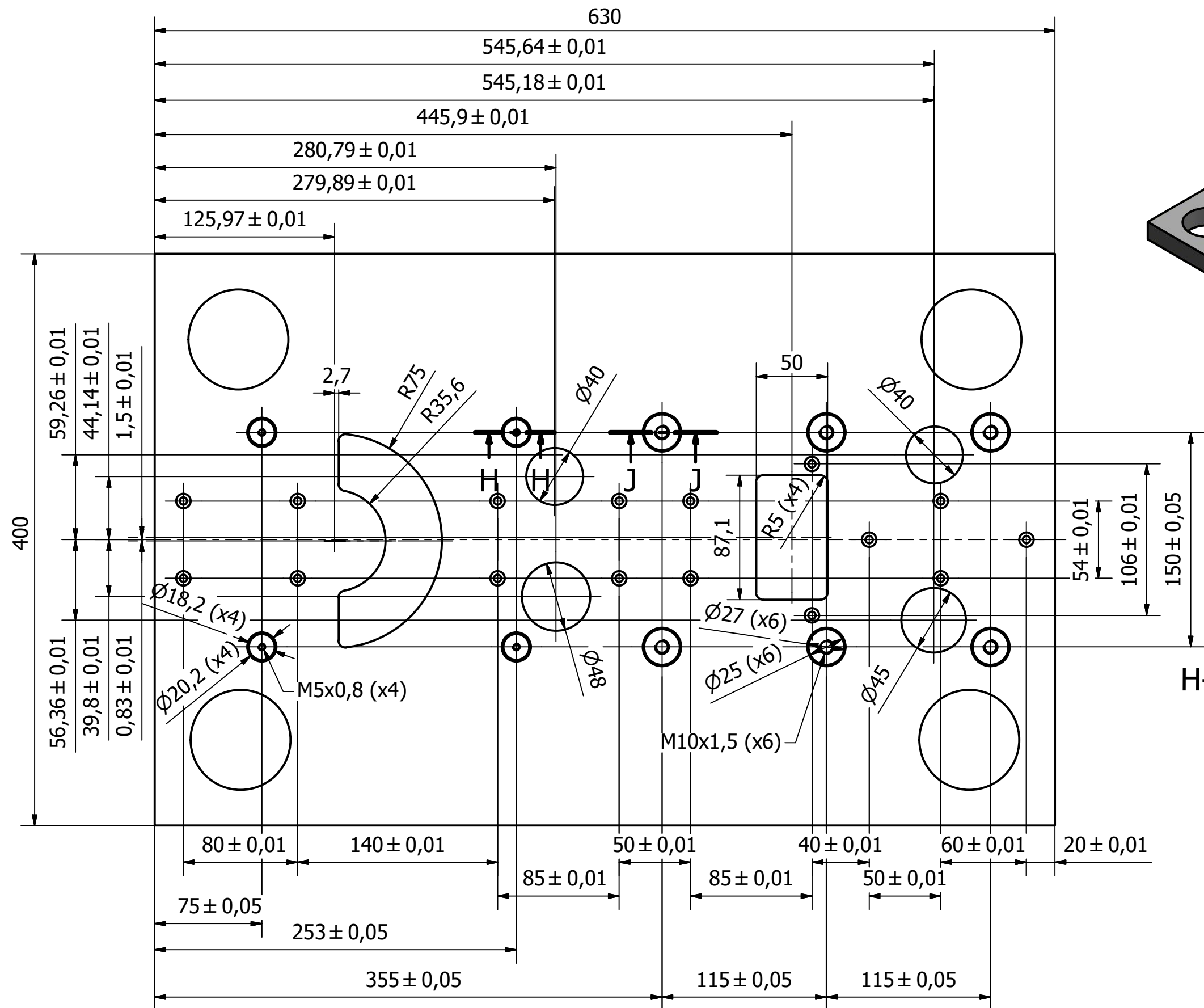
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica:	Tipo de documento:	Estado de documento:			
	C.Calderón	Pieza	Aprobado			
	Creado por:	Título/Título suplementario:	Descripción:			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	C.Calderón	Placa portamatrices	Placa portamatrices 02			
	Aprobado por:		Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
	C.Calderón		00	19/08/2019	Es	1/1



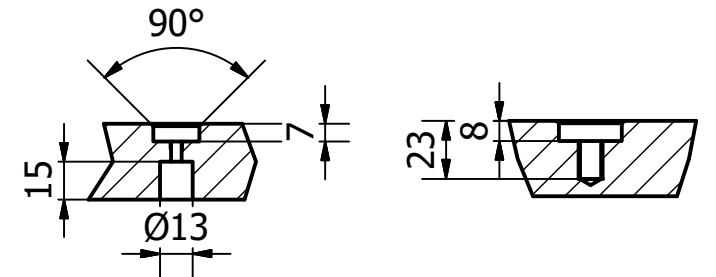
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica: C.Calderón	Tipo de documento: Pieza	Estado de documento: Aprobado			
	Creado por: C.Calderón	Título/Título suplementario: Placa guía	Descripción: Placa guía 01			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Aprobado por: C.Calderón		Rev. 00	Fecha 19/08/2019	Idioma Es	Hoja 1/2



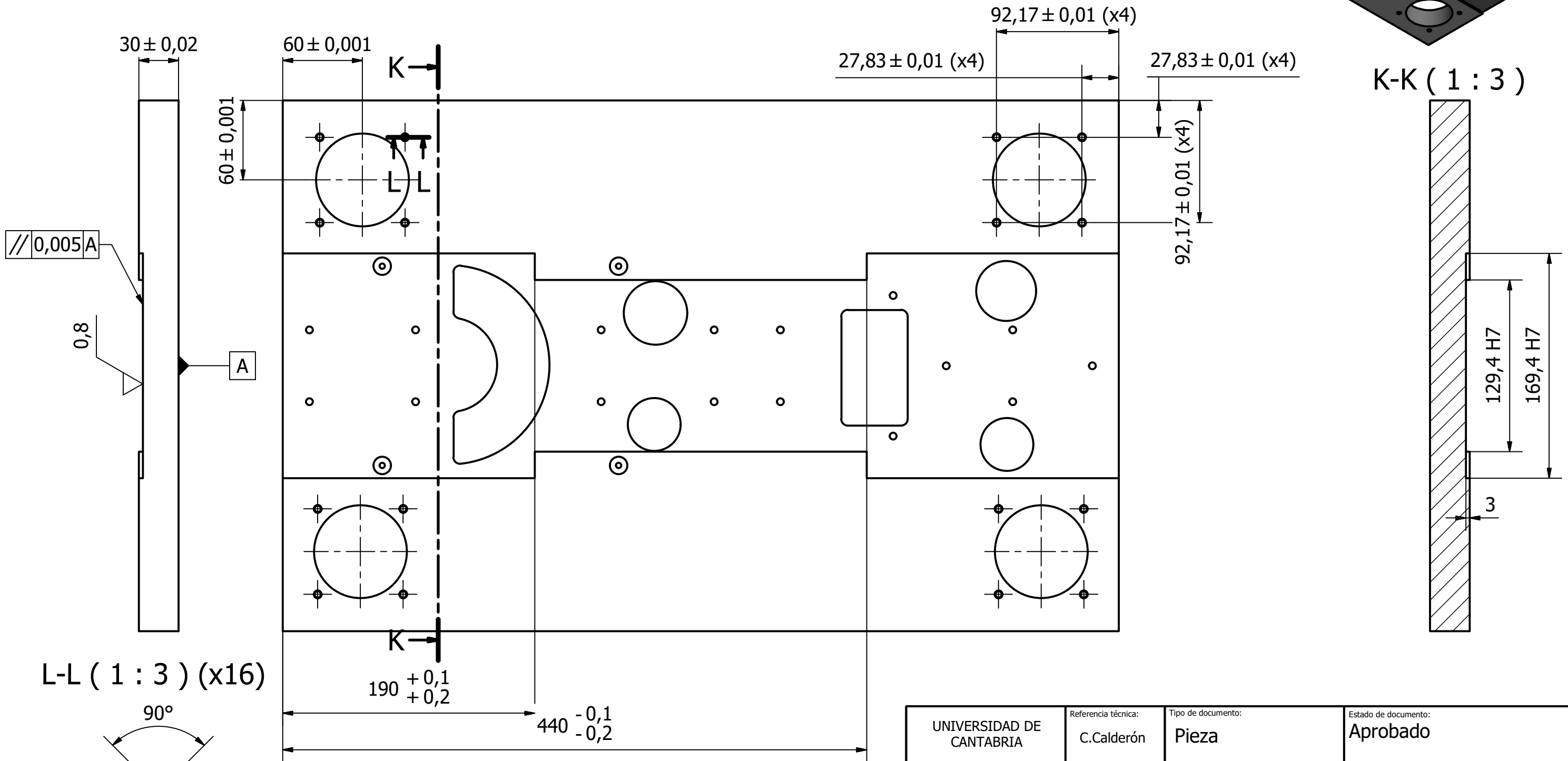
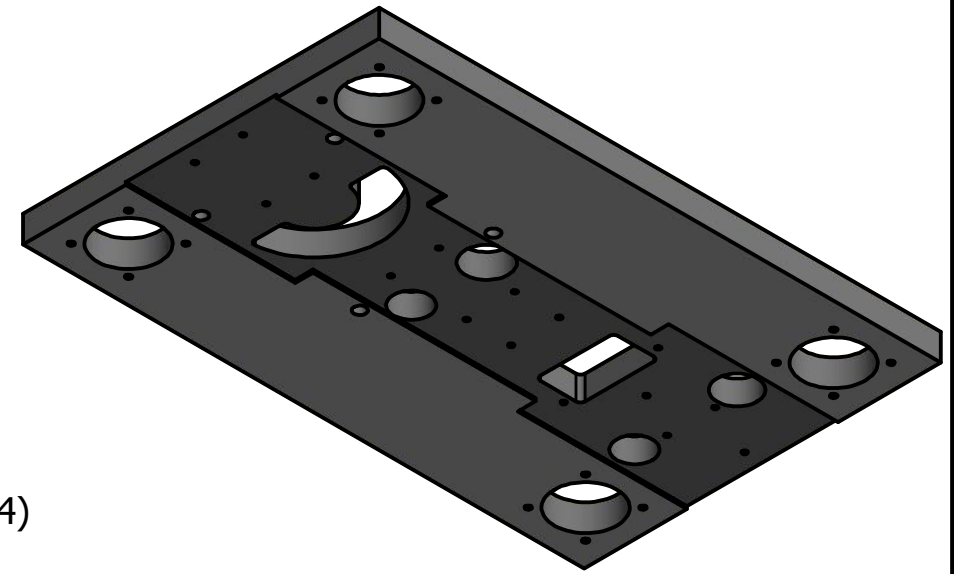
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica: C.Calderón	Tipo de documento: Pieza	Estado de documento: Aprobado			
	Creado por: C.Calderón	Título/Título suplementario: Placa guía	Descripción: Placa guía 01			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Aprobado por: C.Calderón		Rev. 00	Fecha 19/08/2019	Idioma Es	Hoja 2/2



H-H (1 : 3) (x4) J-J (1 : 3) (x6)



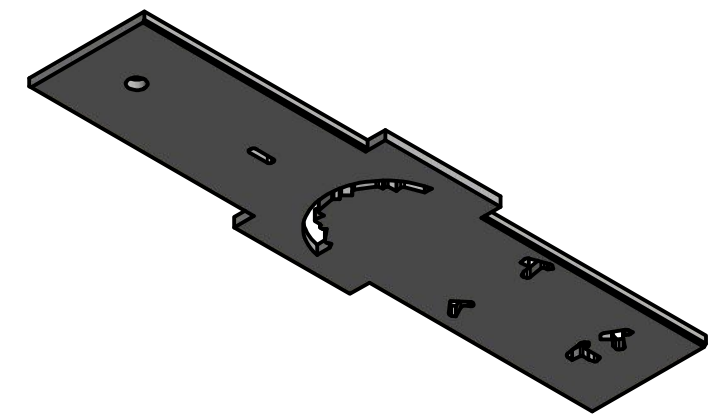
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica: C.Calderón	Tipo de documento: Pieza	Estado de documento: Aprobado			
	Creado por: C.Calderón	Título/Título suplementario: Placa guía	Descripción: Placa guía 02			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Aprobado por: C.Calderón		Rev. 00	Fecha 19/08/2019	Idioma Es	Hoja 1/2



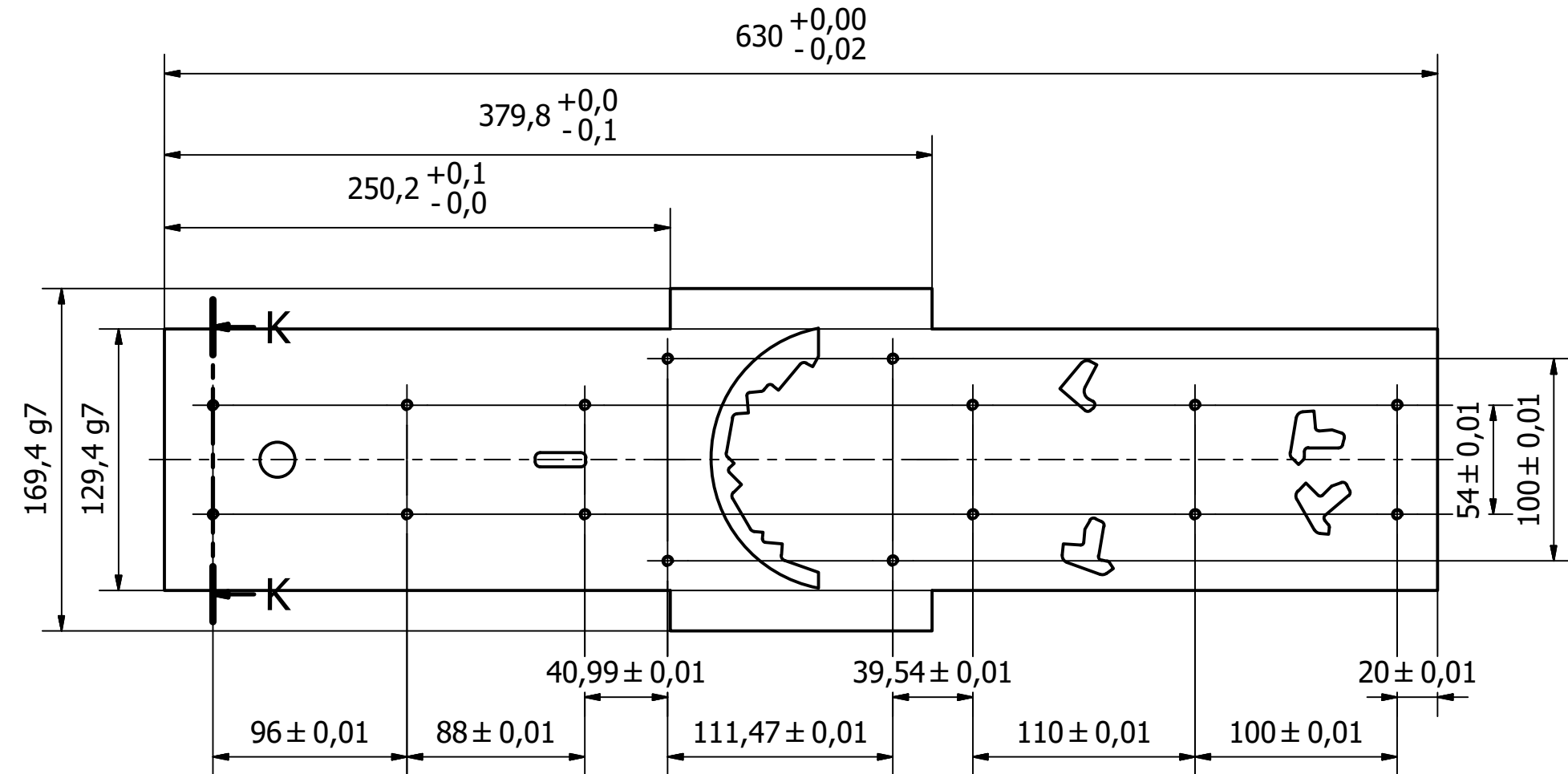
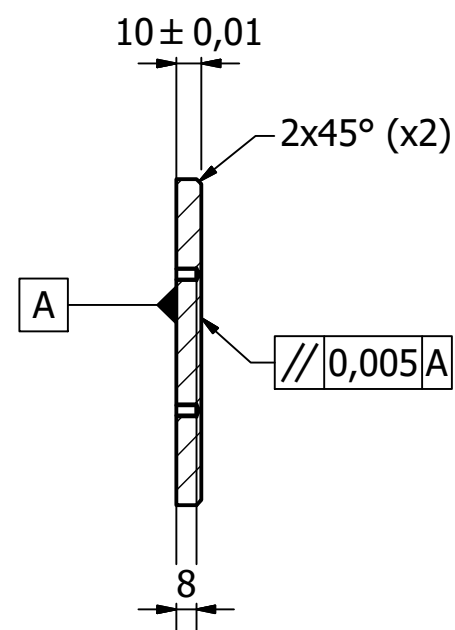
K-K (1 : 3)

L-L (1 : 3) (x16)

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica:	Tipo de documento:	Estado de documento:			
	C.Calderón	Pieza	Aprobado			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Creado por:	Placa guía	Descripción:			
	Aprobado por:		Placa guía 02			
	C.Calderón		Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
			00	19/08/2019	Es	2/2

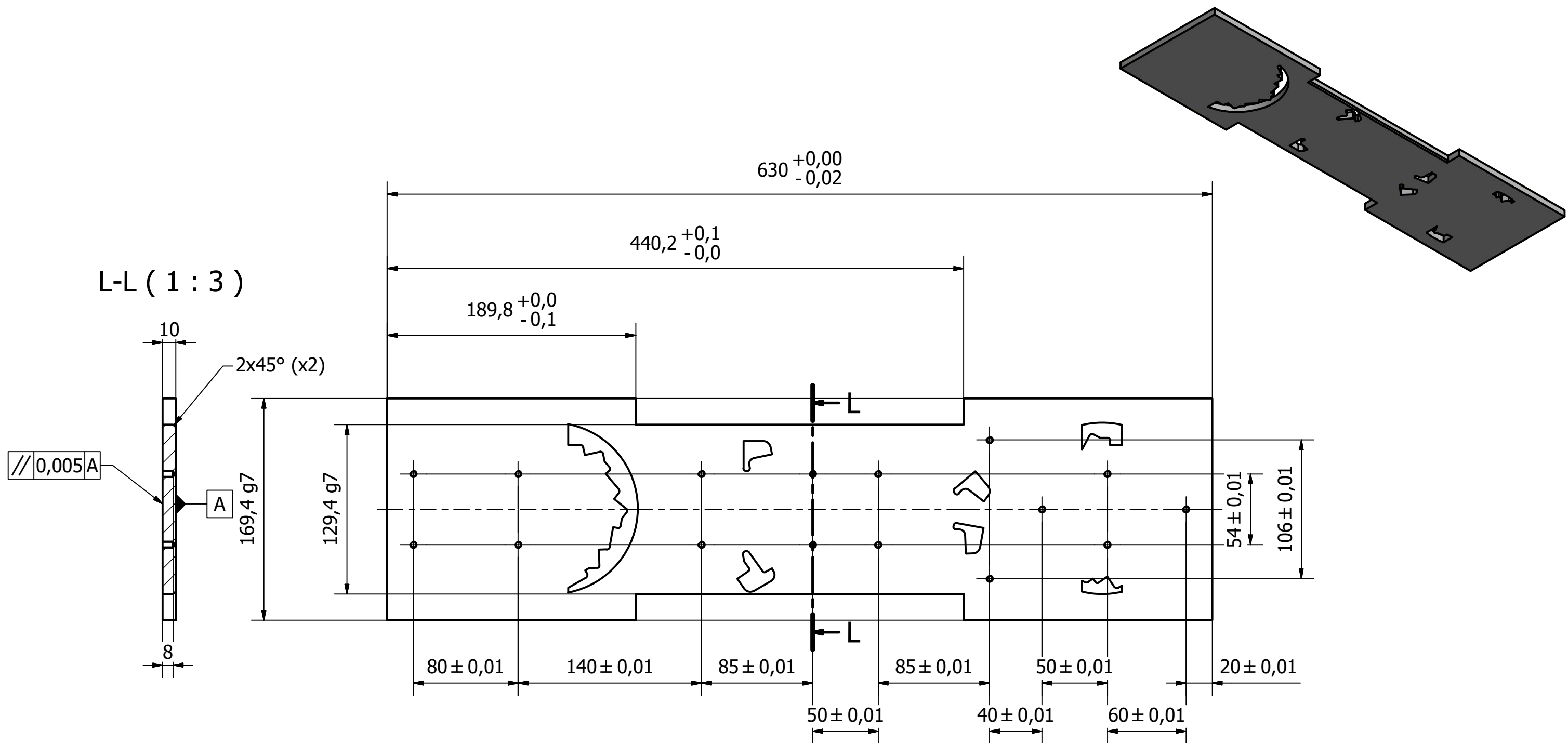


K-K (1 : 3)



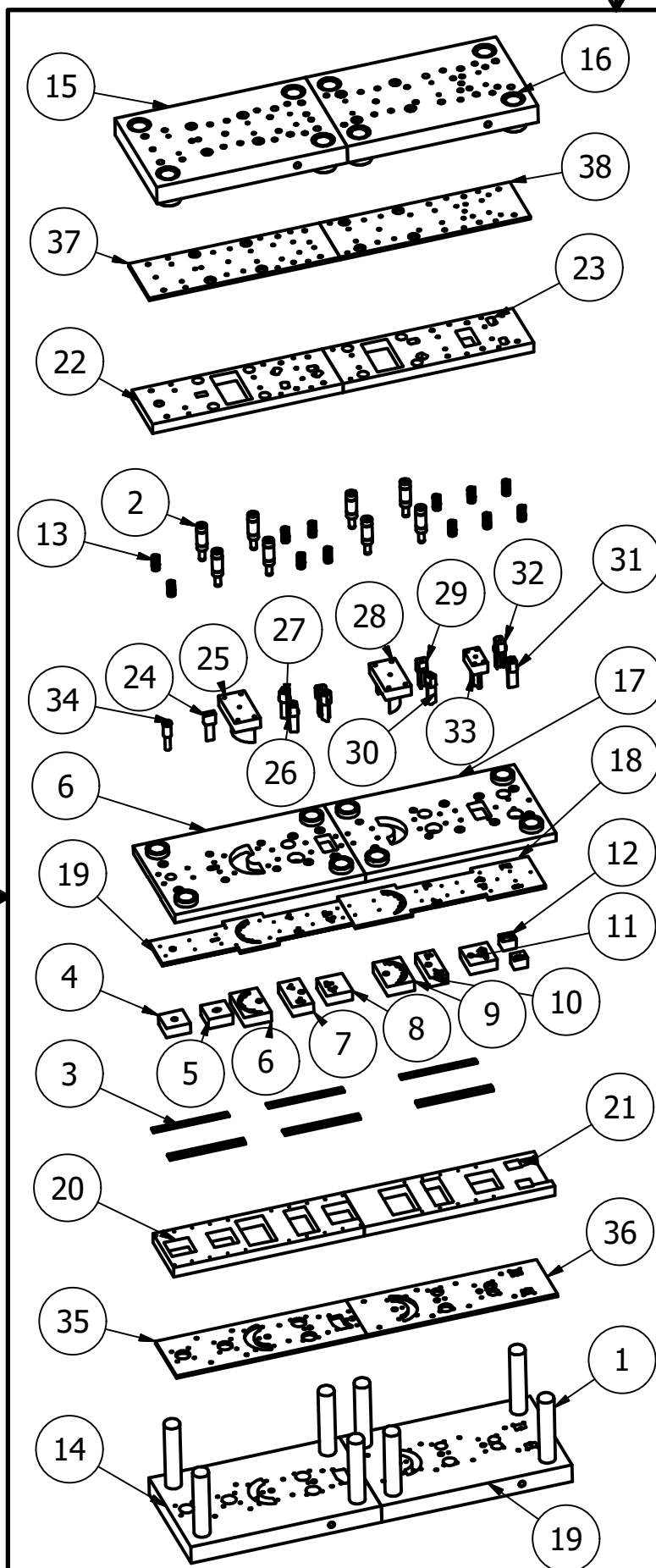
- Para el mecanizado de la geometría de los punzones, tomar como referencia la posición del punzón en la placa portapunzones, y mecanizar la geometría dejando un juego entre 0,2mm y 0,4mm entre la placa y el punzón.

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica:	Tipo de documento:	Estado de documento:			
	C.Calderón	Pieza	Aprobado			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Creado por:	Placa pisadora	Descripción:			
	Aprobado por:		Placa pisadora 01			
			Rev.	Fecha	Idioma	Hoja
			00	19/08/2019	Es	1/1



- Para el mecanizado de la geometría de los punzones, tomar como referencia la posición del punzón en la placa portapunzones, y mecanizar la geometría dejando un juego entre 0,2mm y 0,4mm entre la placa y el punzón.

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Referencia técnica: C.Calderón	Tipo de documento: Pieza	Estado de documento: Aprobado			
	Creado por: C.Calderón	Título/Título suplementario: Placa pisadora	Descripción: Placa pisadora 02			
E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	Aprobado por: C.Calderón		Rev. 00	Fecha 19/08/2019	Idioma Es	Hoja 1/1



38	1	Sufridera Superior 02
37	1	Sufridera superior 01
36	1	Sufridera Inferior 02
35	1	Sufridera Inferior 01
34	1	Punzón INMACISA - F
33	1	Punzón 11
32	1	Punzón 10
31	1	Punzón 09
30	1	Punzón 08
29	1	Punzón 07
28	1	Punzón 06
27	1	Punzón 05
26	3	Punzón 04
25	1	Punzón 03
24	1	Punzón 02
23	1	Placa portapunzones 02
22	1	Placa portapunzones 01
21	1	Placa portamatrices 02
20	1	Placa portamatrices 01
19	1	Placa Pisadora_01
18	1	Placa Pisadora 02
17	1	Placa guía 02
16	1	Placa base superior 02
15	1	Placa base superior 01
14	1	Placa base inferior 01
13	12	Muelle ROYME - G
12	1	Matriz 09.1 & 09.2
11	1	Matriz 08
10	1	Matriz 07
9	1	Matriz 06
8	1	Matriz 05
7	1	Matriz 04
6	1	Matriz 03
5	1	Matriz 02
4	1	Matriz 01
3	6	Guía de banda
2	8	CX Compact Xtreme
1	8	Columna guía

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		E.T.S Ingenieros Industriales y Telecomunicaciones	
Creado por C.Calderón			
Aprobado por C.Calderón		Tipo de documento Lista de componentes	
Ref. Técnica C.Calderón		Título suplementario Vista explosionada	
		Descripción Troquel para fabricación de ventilador	
		Rev. 00	Fecha 11/09/2019
		Idioma ES	Hoja 1/1

LISTA DE PIEZAS

Nº CANT. COMPONENTE

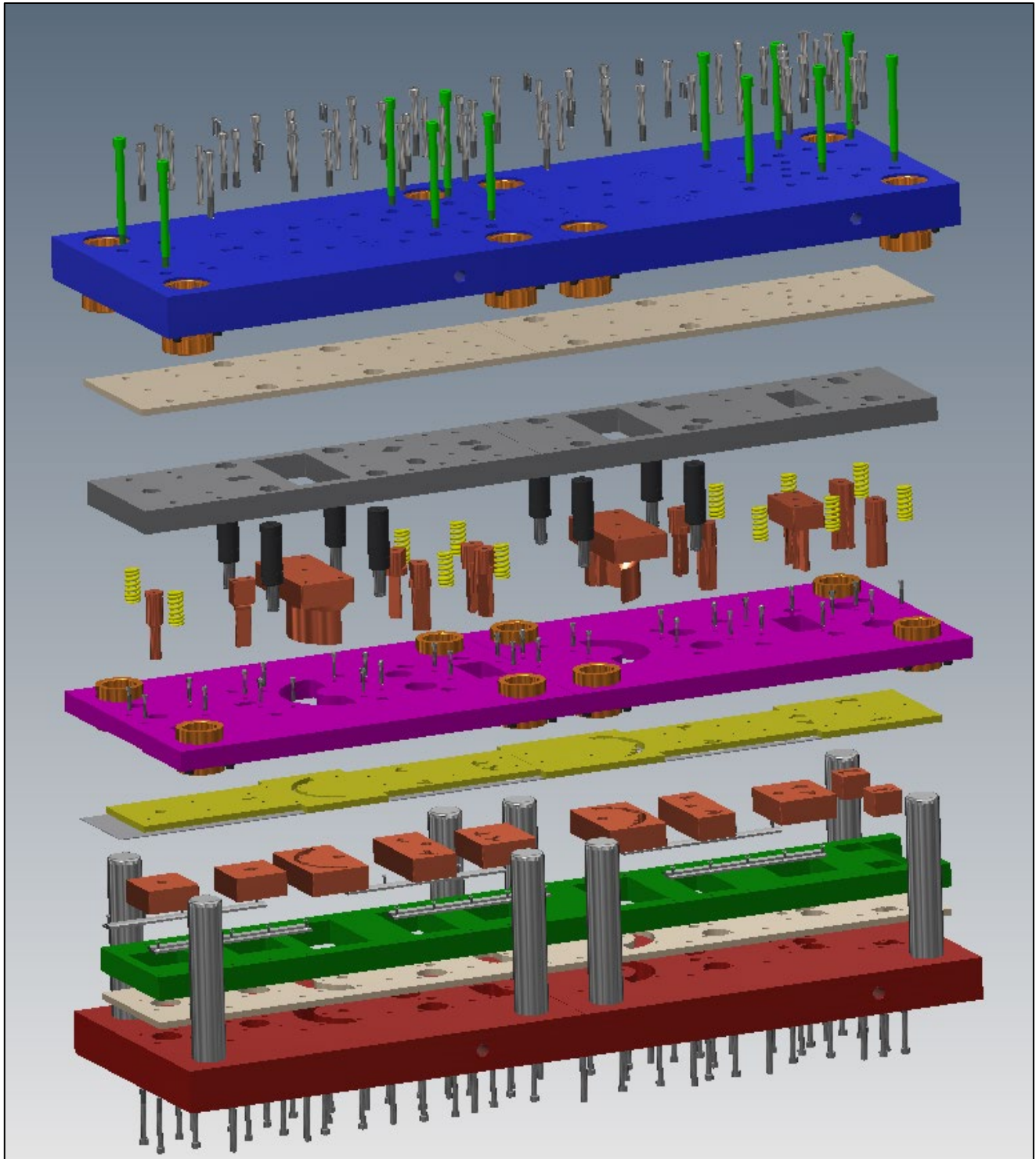


Figura 39. *Vista en explosión del troquel con elementos comerciales.*

PLIEGO DE CONDICIONES

1. Objeto:

El objeto del presente pliego de condiciones no es otro que poner en conocimiento de la parte, o partes demandantes del presente proyecto, el alcance de las responsabilidades en relación al uso y distribución de la documentación técnica presentada en este documento.

2. Descripción:

En el presente proyecto se asume la tarea del diseño del troquel para la fabricación de un ventilador para su uso en alternadores de doble flujo de aire, quedando excluidos en relación a esta tarea, toda actividad que no tenga que ver con el propio diseño de los distintos componentes que conforman el troquel.

3 Responsabilidades:

3.1 Parte demandante:

En cuanto al alcance del presente proyecto, quedan excluidas todas las responsabilidades asociadas con la fabricación de los distintos componentes. Es decir, en ningún caso se abarcan las actividades asociadas con el mecanizado, o tratamientos térmicos, de las partes aquí diseñadas ni con el presupuesto vinculado a dichas actividades. Por lo que será responsabilidad de la parte demandante llevar a cabo las actividades mencionadas previamente por cuenta propia o bien involucrando a terceros.

De igual manera, la responsabilidad del correcto ensamblaje de los componentes, así como las consecuencias derivadas de un ensamblaje incorrecto de estos, será responsabilidad de la parte demandante.

3.2 Parte ejecutora:

Será responsabilidad de la parte ejecutora asegurar el correcto funcionamiento de los componentes presentados en este documento bajo las condiciones abordadas en el apartado técnico del presente pliego de condiciones, quedando excluida de cualquier responsabilidad relacionada con defectos, o roturas, que fuesen causadas por un mal uso de los componentes, así como un funcionamiento bajo condiciones no acordadas.

De igual manera la parte ejecutora se responsabilizará de cualquier defecto, o inconveniente causado por una mala realización del análisis técnico del troquel, quedando englobado dentro de este análisis técnico todos los cálculos de esfuerzos del troquel, así como las simulaciones llevadas a cabo de cara a comprobar la capacidad mecánica de los componentes que conforman troquel.

4 Condiciones económicas:

Todos los agentes que interviniesen en el proceso de desarrollo del presente diseño del troquel tendrán derecho a recibir las cantidades económicas establecidas en el apartado correspondiente al presupuesto para el diseño del proyecto.

4.1 Desglose de precios:

El cálculo total de los precios serán el resultado de la suma total de horas empleadas por el equipo de ingeniería considerando el coste por hora establecido por el colegio de ingenieros de la materia competente, así como el beneficio industrial de la parte ejecutora.

4.2 Revisión de la oferta:

Si por circunstancias externas a la parte ejecutora, la parte demandante solicitase cualquier cambio en el diseño de los componentes que conforman el troquel, la parte ejecutora podrá realizar nuevamente el cálculo de horas para el diseño de la pieza correspondiente, pudiendo ser necesaria la actualización de la oferta.

4.3 Modo de pago:

Se admitirán como métodos de pago la realización de una transferencia bancaria, o al contado mediante cheque.

Cualquier reclamación, o revisión del pago, deberá realizarse en un plazo inferior a dos meses desde el acuerdo, y con la constancia de dicha revisión mediante la firma de ambas partes.

5 Condiciones técnicas:

El diseño del troquel será válido siempre y cuando este trabaje bajo las condiciones adecuadas para su funcionamiento, y por lo tanto no procederá cualquier tipo de reclamación siempre que se incumpla alguna de las siguientes condiciones:

- 1.- La prensa deberá ser capaz de ejercer una fuerza igual o superior a 85KN de cara a asegurar el correcto funcionamiento del troquel.
- 2.- El conjunto de elementos guía deberán estar adecuadamente lubricados, y con su mantenimiento correspondiente al día.
- 3.- Los elementos de corte deberán ser afilados en relación a la frecuencia de desgaste de estos, y de acuerdo al mantenimiento preventivo de este tipo de elementos.
- 4.- El uso de cualquier tipo de muelle o resorte que no sean los mencionados en el presente proyecto, deberá ser acordado previamente con la parte ejecutora.

5.- El uso de materiales que no sean los mencionados en el presente proyecto, deberá ser acordado previamente con la parte ejecutora.

6.- El ensamblaje de los componentes deberá ser el correcto y por lo tanto asegurar una tolerancia de paralelismo igual, o inferior, a la suma de las tolerancias de los distintos componentes que se ensambren en posiciones paralelas a la banda de trabajo.

7.- La carrera de trabajo del troquel no deberá exceder de 25mm.

6 Condiciones generales:

Mediante el acuerdo de ambas partes, y una vez realizada el pago mediante uno de los métodos señalados en el presente pliego de condiciones, la parte demandante adquirirá los derechos de propiedad de todos y cada uno de los elementos diseñados en este proyecto, pudiendo hacer uso de ellos con los fines que dicha parte considere oportunos.

PRESUPUESTO

1. Presupuesto:

Para la realización del cálculo del presupuesto se tendrá en cuenta el salario promedio de un ingeniero en base a los datos que se recogen en el convenio colectivo de trabajo del Gobierno de Cantabria que afecta a oficinas y despachos, recogiendo este documento las actividades relacionadas con el desarrollo científico y técnico. Dicho documento se base en el convenio colectivo de oficinas y despachos del estado, y tanto el convenio colectivo del Gobierno de Cantabria, como el del Gobierno de España pueden ser consultados en sus respectivos espacios web.

El resultado final de la oferta será la suma de todas las horas empleadas en el diseño de cada uno de los componentes del troquel, más la parte correspondiente a las tasas de gestión, así como el beneficio industrial asociado al proyecto, debiendo tener en cuenta el impuesto al valor agregado.

De esta manera, a continuación, se ofrece el desglose de los gastos relacionados con el diseño de los distintos componentes del troquel:

COMPONENTES DEL TROQUEL			
ELEMENTO	HORAS	PRECIO/HORA	TOTAL - €
Punzón P2	2	17	57,5
Punzón P3	4	17	68
Punzón P4	3	17	51
Punzón P5	4	17	68
Punzón P6	3	17	51
Punzón P7	5	17	85
Punzón P8	4	17	68
Punzón P9	3,5	17	59,5
Punzón P10	3,5	17	59,5
Punzón P11	4	17	68

Matriz P2	2	17	34
Matriz P3	3	17	51
Matriz P4	5	17	85
Matriz P5	3	17	51
Matriz P6	6	17	102
Matriz P7	4	17	68
Matriz P8	4	17	68
Matriz P9	5	17	85
Matriz P10	5	17	85
Placa base inferior 01	6	17	102
Placa base inferior 02	6	17	102
Placa base superior 01	6	17	102
Placa base superior 02	6	17	102
Sufridera inferior 01	2	17	34
Sufridera inferior 02	2	17	34
Sufridera superior 01	2	17	34
Sufridera superior 02	2	17	34
Placa portamatrices 01	4	17	68
Placa portamatrices 02	4	17	68
Placa portapunzones 01	4	17	68
Placa portapunzones 02	4	17	68
Guía de banda	1	17	17
Placa pisadora	6	17	102
Placa guiadora	6	17	102
Modelo 3D - Troquel	7	17	119

Además, como previamente mencionado se deberán tener en cuenta las tasas de gestión, siendo estas del 7% sobre el total del coste de diseño:

$$Tasas\ de\ gestión = 0,07 \cdot 2363 = 165,41\ €$$

De igual manera, el beneficio industrial se aplica sobre el coste de diseño representado el 8% sobre el coste total:

$$Beneficio\ industrial = 0,08 \cdot 2363 = 189,04\ €$$

Una vez obtenido el coste total, sobre este se deberá aplicar el impuesto al valor agregado (IVA) que de acuerdo a la Agencia Estatal de Administración Tributaria se trata del 21% sobre el coste total sin impuestos:

$$IVA = 0,21 \cdot (2363 + 165,41 + 189,04) = 570,66\ €$$

Finalmente, el coste total de venta del troquel será la suma de todos los gastos mencionados con anterioridad:

$$COSTE\ TOTAL = 2363 + 165,41 + 189,04 + 570,66 = \mathbf{3288,11\ €}$$

Desglose:

Presupuesto - Total		
Diseño componentes	.....	2.363 €
Tasas de gestión	.....	165,41 €
Beneficio industrial	.....	189,04 €
IVA	.....	570,66 €
TOTAL	.....	3.288,11 €

BIBLIOGRAFÍA

Antonio Florit (2006). *Introducción a la Matricería*. Recuperado de:
https://www.matriceriaymoldes.es/recursos/Materias_especificas/Matricer%C3%ADa/Leccion_1.php

Alfred H.Schütte (1913). *Catálogo General de Máquinas-Herramienta*.

Dani Meganeboy (2014). *Alternadores y reguladores de tensión*. Recuperado de:
<http://www.aficionadosalamecanica.net/alternador-funcionam.htm>

Estudios de Diseños Yamaguchi (2001). *Diseño de Matrices de Prensa*.

Fibro GmbH (2019). *Muelles de Gas*. Recuperado de:
https://www.fibro.de/fileadmin/FIBRO/ES/02_NORMALIEN/Kapitel_F/PDF/2_5521_FL_GDF_CX_spanish.pdf

Gobierno de Cantabria (2019). *Dirección General de Trabajo, Convenios colectivos*.
Recuperado de:
<http://aplicacionesweb.cantabria.es/convenios/inicio>

Inst. Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (2008). *Procesos de Transformación*.

J.Blanco (1976). *Profundos Conocimientos de Matricería*.

Mario Rossi (1971). *Estampado en Frío de la Chapa*.

Patxi Aldabaldetrecu (2000). *Máquinas y hombres. Guía histórica*.

ROYME (2019). *Muelles de Acero*. Recuperado de:
<https://royme.com/product-details/muelles-de-acero/>

Taylor Lyman (1998). *Metals Hand Book*.